

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»
УДК 621.310

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
В.І.Дешко
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»
на тему: Оцінювання економічно доцільного рівня підвищення енергетичної ефективності корпусу № 22 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи ОТ – 81мп
(шифр групи)

Квотченко Денис Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник к.т.н., асистент Шевченко О.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина **к.т.н., доцент Замулко А.І.** _____

Стартап-проект **к.т.н., доцент Шевчук Н.А.** _____

Нормоконтроль **к.т.н., доцент Шкляр В.І.** _____

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____
(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Теплотехніки та енергозбереження
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.І. Дешко
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Квотченко Денису Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема дисертації** Оцінювання економічно доцільного рівня підвищення енергетичної ефективності корпусу № 22 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
науковий керівник дисертації Шевченко Олена Миколаївна, к.т.н, асистент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «04» 11 2019 р. № 3814-с

2. **Термін подання студентом дисертації** 9 грудня 2019 р.

3. **Об'єкт дослідження** Система енергозабезпечення навчального корпусу № 22 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

4. **Вихідні дані до магістерської дисертації** _ _____

5. **Перелік завдань, які потрібно розробити** 1) розрахунок тепловтрат та теплонадходжень до запровадження заходів з енергозбереження та їх розрахунок; 2) аналіз споживачів електричної енергії навчального корпусу №22; 3) побудова балансів споживання енергоресурсів та засобів з енергозбереження; 4) розрахунок економічно доцільного рівня енергоефективності будівлі; 5)

створення системи енергетичний менеджменту; б) розробка стартап-проекту щодо впровадження геліосистеми у навчальних закладах, розробка бізнес-моделі.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Креслення: 1-2 – Теплова частина, 3 – Електрична частина, 4 – Спецпитання; презентація

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|-------------------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Електротехнічна частина | доцент Замулко А.І. | | |
| Стартап-проект | доцент Шевчук Н.А. | | |
| Нормоконтроль | доцент Шкляр В.І. | | |

9. Дата видачі завдання 02.09. 2019 р.

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|---|--|----------|
| 1 | <i>Загальні відомості про об'єкт дослідження</i> | <i>28.10.2019 - 11.11.2019</i> | |
| 2 | <i>Інжиніринг енергетичних систем</i> | <i>28.10.2019 -07.12.2019</i> | |
| 3 | <i>Спецпитання</i> | <i>28.10.2019 - 07.12.2019</i> | |
| 4 | <i>Енергоменеджмент та моніторинг</i> | <i>28.10.2019 - 11.11.2019</i> | |
| 5 | <i>Стартап-проект</i> | <i>11.11.2019 - 07.12.2019</i> | |
| 6 | <i>Нормативне оформлення магістерської дисертації</i> | <i>11.11.2019-07.12.2019</i> | |
| 7 | <i>Попередній захист</i> | <i>09.12.2019-13.12.2019</i> | |

Студент

_____ Квотченко Д.О.
(підпис) (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ Шевченко О.М.
(підпис) (ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської дисертації складається з 5 розділів, та містить 125 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 31 ілюстрацій, 54 таблиць та 29 бібліографічних найменувань за переліком посилань. У дипломному проєкті об'єктом дослідження є будівля навчального № 22 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Актуальність теми полягає у розрахунку впровадженні відповідних заходів для зниження витрат на енергоресурси .

Метою роботи є оцінювання економічно доцільного рівня підвищення енергетичної ефективності корпусу № 22 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Завдання дослідження – підібрати оптимальний варіант сукупності заходів, який буде найбільш ефективним за техніко-економічними показниками. Розрахувати капітальні затрати на модернізацію систем, та відповідних заходів з енергозбереження , економію енергії та термін окуповлюваності.

Об'єкт дослідження – підбір оптимальної сукупності заходів для підвищення енергетичної ефективності корпусу № 22 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Предмет дослідження – обрахунок відповідних заходів та обладнання для модернізації систем споживання.

Наукова новизна магістерської дисертації полягає у дослідженні та знаходженні оптимального .

Отримані результати можна запропонувати для підвищення рівня енергоефективності корпусу № 22 НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Ключові слова та словосполучення: енергоефективність, енергозбереження, навантаження, втрати, економія, вакуумний сонячний колектор, коефіцієнт змішення.

ABSTRACT

The explanatory note for the master's thesis consists of 5 sections and contains 125 pages of the main text. The main text of the work contains 31 illustrations, 54 tables and 29 bibliographic names in the list of references. In the diploma project, the object of research is the building of educational № 22 NTUU "KPI named of Igor Sikorsky ».

The relevance of the topic is to calculate the implementation of appropriate measures to reduce energy costs.

The purpose of this work is to evaluate the economically feasible level of energy efficiency improvement of building № 22 of NTUU "KPI named of Igor Sikorsky ».

The task of the study is to find the optimal variant of the set of measures that will be the most effective in terms of technical and economic indicators. Calculate capital costs for the modernization of systems, and appropriate energy conservation measures, energy savings and payback periods.

The object of the study is the selection of the optimal set of measures to improve the energy efficiency of the building № 22 of NTUU "KPI named of Igor Sikorsky ».

The subject of the study is the calculation of appropriate measures and equipment for the modernization of consumption systems.

The scientific novelty of a master's thesis is to research and find the optimal one.

The results obtained can be proposed to increase the energy efficiency of the building № 22 of NTUU "KPI named of Igor Sikorsky ».

Key words and phrases: energy efficiency, energy saving, load, loss, cost savings, vacuum solar collector, mixing ratio.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ..... | 9 |
| ВСТУП..... | 10 |
| 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ | 11 |
| 1.2 Річне споживання енергоносіїв..... | 11 |
| 2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ НТУУ «КПІ ІМ. ІГОРЯ СКОРСЬКОГО» №22 | 20 |
| 2.1 Загальний опис системи теплопостачання..... | 28 |
| 2.2 Дослідження огорожувальних конструкцій будівлі..... | 28 |
| 2.2.1 Розрахунок теплотехнічних та геометричних показників огорожувальної конструкції будівлі..... | 30 |
| 2.3 Аналіз сучасного стану..... | 32 |
| 2.4 Аналіз поточного технічного стану системи..... | 35 |
| 2.5 Шляхи підвищення ефективності | 42 |
| 2.6 Пропозиції щодо модернізації системи | 42 |
| 2.7 Дослідження джерел теплопостачання теплової енергії..... | 46 |
| 2.7.1 Система закупівлі теплової енергії..... | 52 |
| 2.7.2 Конкурентне теплопостачання. Ринок теплової енергії..... | 52 |
| 2.8 Дослідження системи опалення | 56 |
| 2.8.1 Загальні вимоги при реконструкції чи модернізації системи опалення | 60 |
| 2.8.2 Модернізація системи опалення та ІТП..... | 60 |
| 2.8.3 Визначення економічної ефективності від модернізації системи опалення навчального корпусу № 22..... | 64 |
| 2.9 Модернізація індивідуального тепlopункту..... | 68 |
| 2.9.1 Визначення економічної ефективності модернізації ІТП..... | 71 |
| 2.10 Дослідження системи вентиляції..... | 74 |
| 2.10.1 Загальні вимоги при реконструкції чи модернізації системи вентиляції..... | 78 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 2.10.2 | Визначення економічної ефективності від модернізації системи вентиляції навчального корпусу № 22..... | 81 |
| 2.11 | Дослідження системи електропостачання..... | 87 |
| 2.11.1. | Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії | 92 |
| 2.11.2. | Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання..... | 96 |
| 2.11.3. | Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією..... | 104 |
| 2.11.4. | Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту | 108 |
| 2.12 | Дослідження систем водопостачання та водовідведення..... | 109 |
| 3 | СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ДОЦІЛЬНОГО РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ..... | 111 |
| | Висновки до розділу..... | 112 |
| 4 | ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ | 113 |
| | Висновки до розділу..... | 113 |
| 5 | СТАРТАП-ПРОЕКТ | 114 |
| 5.1 | Цілі та етапи реалізації стартап-проекту..... | 114 |
| 5.2 | Опис ідеї проекту..... | 115 |
| 5.3 | Аналіз конкурентного середовища..... | 116 |
| 5.4 | Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту..... | 117 |
| 5.5 | Ключові види діяльності..... | 117 |
| 5.6 | Фінансове обґрунтування стартап-проекту..... | 118 |
| 5.7 | Умовно-змінні витрати | 118 |
| 5.8 | Собівартість ідеї стартап-проекту..... | 119 |
| 5.9 | Рівень рентабельності ідеї..... | 119 |
| 5.10 | Вартість виробництва інноваційної технології | 120 |
| 5.11 | Цільова група потенційних споживачів | 120 |
| 5.12 | Канал збуту | 121 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 5.13 Бізнес-модель проекту..... | 122 |
| Висновки до розділу..... | 123 |
| ВИСНОВКИ..... | 124 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 126 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

СКОРОЧЕННЯ

ОК – огорожувальні конструкції;
ГВП – гаряче водопостачання;
ЕП – електроприймач;
ЛБ – люмінесцентні лампи;
LED – світлодіодні лампи;
ТП – трансформаторна підстанція;
ЩО – щит освітлення.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$t_{\text{вн.}}$ – внутрішня температура в приміщеннях будівлі;
 $t_{\text{р.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;
 α – коефіцієнт тепловіддачі;
 δ – товщина;
 λ – коефіцієнт теплопровідності;
 R – опір теплопередачі;
 K – коефіцієнт теплопередачі;
 F – площа;
 n_o – тривалість опалювального періоду;
 $P_{\text{одн.}}$ – встановлена потужність одного приладу.

ІНДЕКСИ

З .– зовнішній;
вн. – внутрішній;
в.– вікна;
ст – стіна;
д. –двері;
д.п –дерев'яне перекриття;
п – підлога;
с.р. – сонячна радіація;
н.с. – навколишнє середовище;
м – мінвата.

ВСТУП

Енергетичний аудит - це обстеження підприємств, організацій та окремих виробництв за їх ініціативою з точки зору їх енергоспоживання з метою визначення можливостей економії енергії та допомоги у економії на практиці шляхом впровадження механізмів підвищення енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Предметом енергетичного аудиту є система обстеження споживання палива й енергії, аналізу й вироблення рекомендацій щодо ефективного використання енергоресурсів. Ціллю енергоаудиту є розробка на основі техніко-економічного аналізу рекомендацій щодо економії енергоресурсів і раціонального використання всіх видів енергії, вказати черговість їх виконання і надати розрахунки та інформацію щодо обсягів інвестицій і строків окупності.

Енергетичний аудит проводиться енергосервісними компаніями або незалежними експертами (енергоаудиторами), які вповноважені суб'єктами господарювання на його здійснення. У результаті енергетичного обстеження складається звіт про енергетичне обстеження, розробляється енергетичний паспорт, в якому даються характеристики підприємства, вказуються всі нереалізовані резерви економічності, виявленні в процесі аудиту, а також даються рекомендації щодо подальшої діяльності споживачі енергоресурсів в напрямку енергозбереження на виробництві, а також поліпшення ефективності роботи. Енергоаудит дає змогу споживачу більш конкретно зрозуміти основні проблеми в споживанні ресурсів, з подальшим їх вирішенням, а також дозволяє направити вилученні кошти від енергозбереження у ефективніше виробництво.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Навчальний корпус №22 (рис.1.1) - 7-поверхова будівля з технічним поверхом, розміщена в І кліматичній зоні, а саме - м. Київ, вул. Борщагівська 115, збудована в 1974р., загальна площа 16030м². Площа засклення – 4055м² (близько 45% площі зовнішніх стін). Будівля зорієнтована на північ та південь. В будівлі знаходяться адміністративні приміщення, навчальні аудиторії, 12 комп'ютерних класів, науково-дослідні лабораторії, буфет, майстерні, підсобні приміщення. На 3-му поверсі знаходиться Центр Підготовки Енергоменеджерів (ЦПЕМ), він являє собою окрему структуру.



Рисунок 1.1– Зовнішній вигляд будівлі

Будівля не має підвального приміщення. Канали, що знаходяться під першим поверхом, використовуються для комунікацій.

Аудиторний фонд університету в 22 корпусі складає 1790,98м². Максимальна розрахункова кількість присутніх приблизно 2760 чоловік.

Режим роботи навчального корпусу:

- 8:30-18:00,
- вихідні – субота та неділя.

1.2 Річне споживання енергоносіїв

Використовуючи дані по споживанню електричної енергії за 3 останні роки, а саме 2016, 2017, 2018 складаємо таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Річне споживання електричної енергії

| № | Місяць | 2016 | | 2017 | | 2018 | |
|----|----------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | | кВт·год | Грн.. | кВт·год | Грн.. | кВт·год | Грн.. |
| 1 | Січень | 42040 | 80182,89 | 43400 | 87229,66 | 37240 | 80184,42 |
| 2 | Лютий | 45720 | 87201,76 | 45000 | 92187 | 39640 | 85432,13 |
| 3 | Березень | 37880 | 72248,52 | 30760 | 61003,23 | 40800 | 87870,96 |
| 4 | Квітень | 31160 | 59431,47 | 30760 | 59145,33 | 28840 | 66034,95 |
| 5 | Травень | 15600 | 31540,08 | 18240 | 35416,61 | 11160 | 25553,05 |
| 6 | Червень | 15200 | 30731,36 | 11240 | 21785,37 | 11680 | 26743,7 |
| 7 | Липень | 10440 | 22832,28 | 8240 | 16197,37 | 8760 | 20038,5 |
| 8 | Серпень | 7800 | 16827,72 | 7160 | 13989,85 | 7360 | 16836 |
| 9 | Вересень | 10080 | 21746,19 | 8960 | 17552,1 | 10520 | 24064,88 |
| 10 | Жовтень | 24840 | 58718,78 | 18720 | 36938,68 | 17720 | 40239,99 |
| 11 | Листопад | 39760 | 93987,87 | 38360 | 75283,03 | 34600 | 78572,45 |
| 12 | Грудень | 44280 | 104672,61 | 42840 | 84884,46 | 43200 | 98102,02 |
| Σ | | 324800 | 680121,53 | 303680 | 601612,69 | 291520 | 649673,05 |

Представимо споживання електричної енергії у вигляді діаграми на рисунку 1.2.

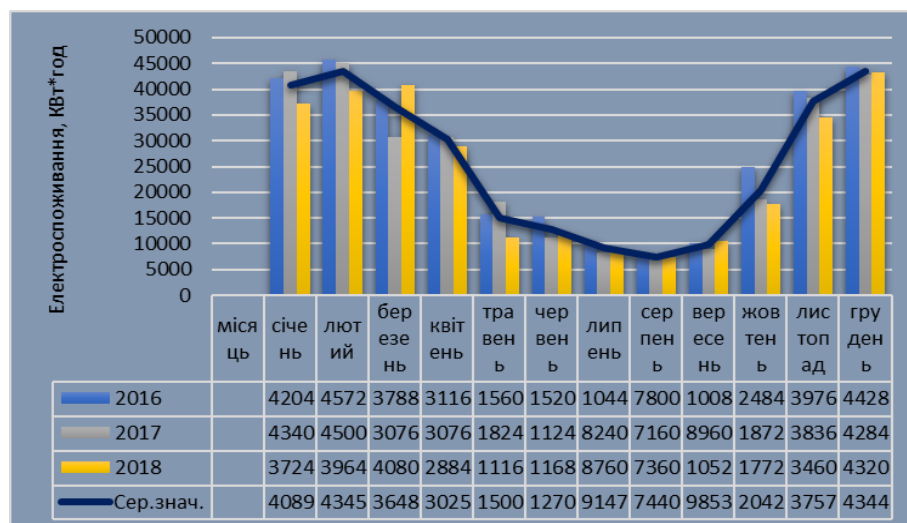


Рисунок 1.2 – Споживання електричної енергії за 2016-2018рр.

Річні споживання близькі один до одного, хоча спостерігаються певні піки в окремі місяці. Більше електроспоживання взимку обумовлене заватаженим режимом роботи корпусу, який залежить від температури навколишнього повітря, оскільки в корпусі наявний стабільний недогрів, використовується допоміжне опалювальне електрообладнання.

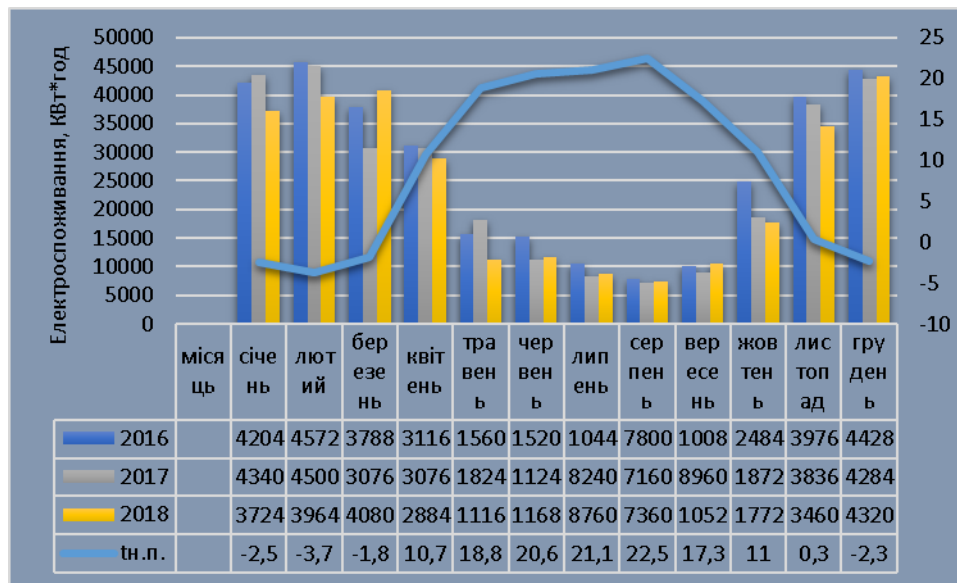


Рисунок 1.3 – Графік залежності споживання електричної енергії від температури навколишнього повітря

Також враховується фактор тривалості світлої пори доби у літку, яка є більша, тому освітлення мало використовується. На діаграмі також помітно те, що споживання електричної енергії на протязі трьох років трохи різняться. Це зумовлено також кліматичними умовами, тобто деякі роки були тепліші, а деякі холодніші.

Аналогічно, використовуючи дані останніх трьох років, проаналізуємо споживання холодної води та все зведемо до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Річне споживання холодної води

| № | Місяць | 2016 | | 2017 | | 2018 | |
|----|----------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | | м³ | грн.. | м³ | грн.. | м³ | грн.. |
| 1 | Січень | 475 | 4126,8 | 518 | 6396,26 | 179 | 2539,61 |
| 2 | Лютий | 447 | 3883,54 | 464 | 5729,47 | 220 | 3120,48 |
| 3 | Березень | 419 | 3640,27 | 346 | 4272,41 | 201 | 2850,98 |
| 4 | Квітень | 448 | 3892,22 | 422 | 5210,86 | 136 | 1929,02 |
| 5 | Травень | 426 | 3701,09 | 485 | 6083,64 | 204 | 2893,54 |
| 6 | Червень | 369 | 3205,87 | 399 | 5668,99 | 127 | 1801,37 |
| 7 | Липень | 313 | 2719,34 | 276 | 3921,41 | 109 | 1632,24 |
| 8 | Серпень | 408 | 3994,88 | 267 | 3793,54 | 65 | 1025,7 |
| 9 | Вересень | 381 | 4704,59 | 196 | 2784,77 | 138 | 2177,64 |
| 10 | Жовтень | 354 | 4371,19 | 285 | 4049,28 | 207 | 3266,46 |
| 11 | Листопад | 370 | 4568,76 | 426 | 6052,51 | 207 | 3753,01 |
| 12 | Грудень | 392 | 4840,42 | 251 | 3566,21 | 199 | 3639,31 |
| Σ | Всього | 4802 | 47648,97 | 4335 | 57529,35 | 1992 | 30629,36 |

Для наглядності представимо споживання води у вигляді діаграми на рисунку 1.4.

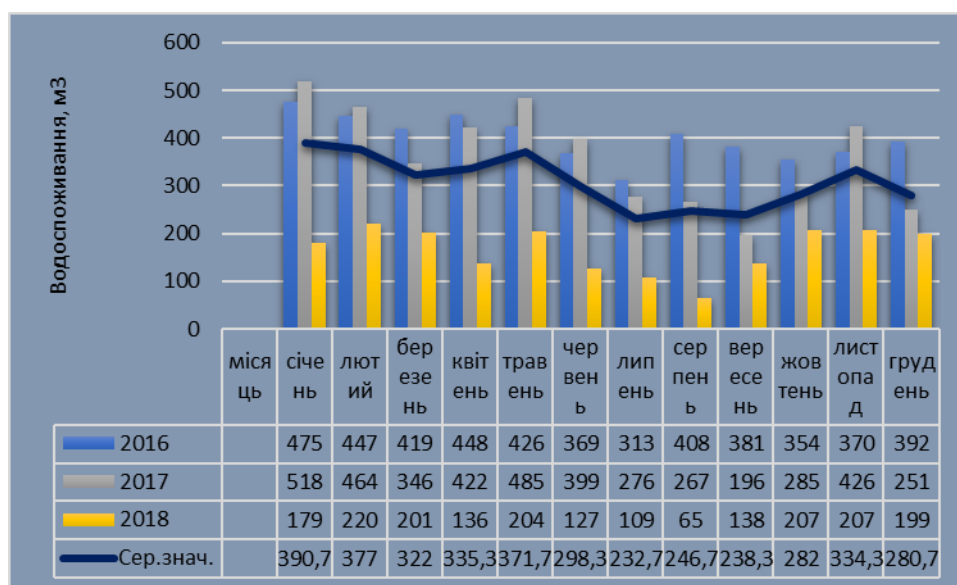


Рисунок 1.4 – Графік споживання води

Холодна вода використовується для особистої гігієни, миття посуду, прибирання, та інших побутових потреб.

Спостерігається динаміка зниження водопостачання за останні 3 роки.

За допомогою таблиці 1.3 можна відслідкувати споживання теплової енергії.

Таблиця 1.3 – Споживання теплової енергії

| № | Місяць | 2016 | | 2017 | | 2018 | |
|----|----------|--------------|-------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | | Гкал. | Грн.. | Гкал. | Грн.. | Гкал. | Грн.. |
| 1 | Січень | 191,3 | 299787,58 | 166 | 254576,97 | 171,1 | 277397,76 |
| 2 | Лютий | 137,7 | 214286,07 | 125,29 | 173646,71 | 168,28 | 199491,25 |
| 3 | Березень | 120,7 | 187157,9 | 19,11 | 26502,48 | 75,78 | 125844,24 |
| 4 | Квітень | 24,6 | 38144,86 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Травень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Червень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Липень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Серпень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Вересень | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Жовтень | 64,39 | 89211,39 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | Листопад | 67,71 | 93823,98 | 27,45 | 36574,24 | 46,95 | 87631,67 |
| 12 | Грудень | 151,2 | 209501,51 | 74,64 | 435226,92 | 74,64 | 139714,75 |
| Σ | Всього | 757,6 | 1131913,29 | 412,49 | 926527,32 | 536,75 | 830079,67 |

У 2017 році сплата за теплову енергію була зроблена наперед, тому 326,65 Гкал у грудні місяці не є фактичним споживанням, воно складало 74,64 Гкал.

Для наглядності покажемо у вигляді діаграми на рисунку 1.5.

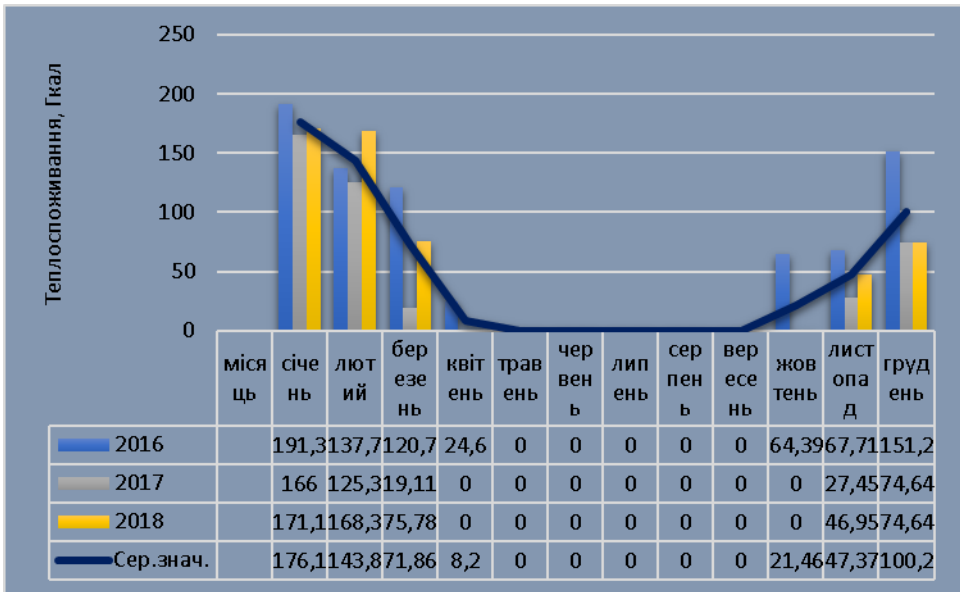


Рисунок 1.5 – Графік споживання теплової енергії

Споживання теплової енергії різниться, що можна пояснити кліматичними умовами за якими теплопостачальна організація визначає температуру води, яка подається. Нижче, на рисунку 1.6 наведено графік залежності теплоспоживання від температури навколишнього повітря за 2018 рік.



Рисунок 1.6 – Графік залежності споживання теплової енергії від температури навколишнього повітря

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика грошових витрат

| Рік | 2016 | | 2017 | | 2018 | |
|-------------------|------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| Енергоносій | Грош.од | % | Грош.од | % | Грош.од | % |
| Теплопостачання | 1131913,29 | 61 | 926527,32 | 58 | 830079,67 | 55 |
| Водопостачання | 47648,97 | 2 | 57529,35 | 4 | 30629,36 | 2 |
| Електропостачання | 680121,53 | 37 | 601612,69 | 38 | 649673,05 | 43 |
| Всього | 1859684 | 100 | 1585669 | 100 | 1510382 | 100 |

На рисунках 1.7-1.9 зображено баланс грошових витрат різних енергоносіїв за 2016–2018 роки.



Рисунок 1.7 – Діаграма порівняльної характеристики грошових витрат за 2016 рік

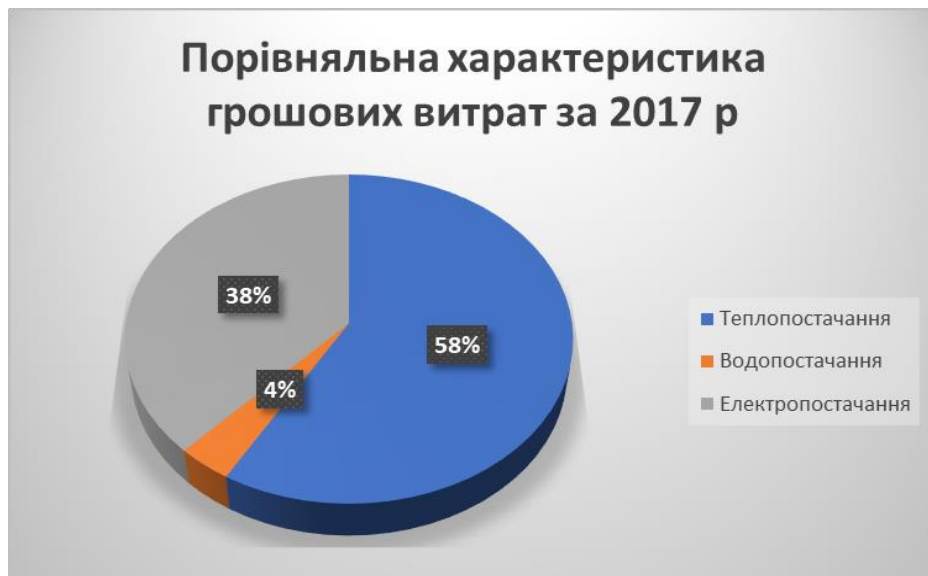


Рисунок 1.8 – Діаграма порівняльної характеристики грошових витрат за 2017 рік

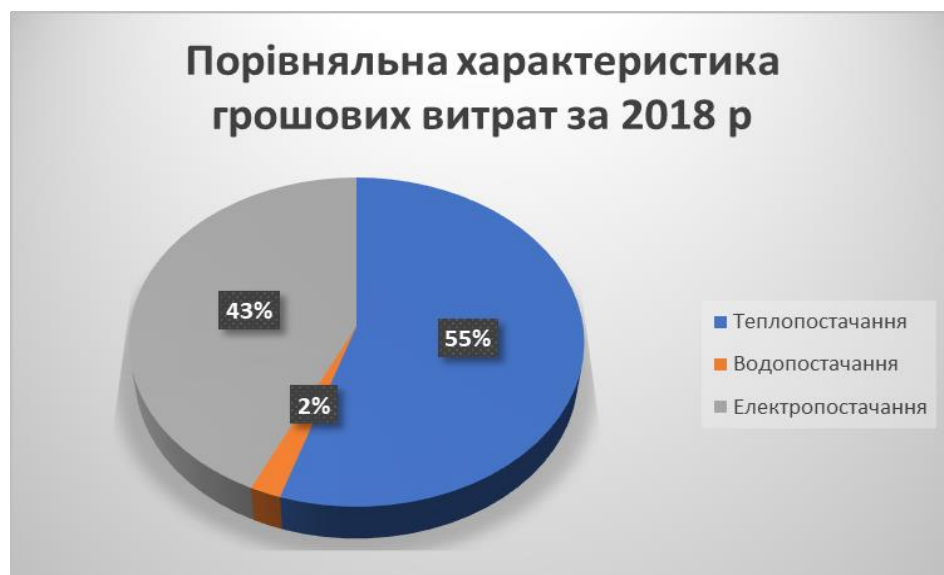


Рисунок 1.9 – Діаграма порівняльної характеристики грошових витрат за 2018 рік

Висновки до розділу

За даними по споживанню електричної, теплової енергії та води середнє споживання навчального корпусу №22 КПІ ім. І. Сікорського:

1. Теплова енергія – 568,94 Гкал.
2. Електричної енергії – 306666,7 кВт·год.
3. Води – 3709,67 м³.

2. ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ №22

Попередні заходи з енергозбереження.

Для зменшення споживання теплової енергії були зроблені наступні кроки.

1. **Зменшення площі вікон сходових клітин.** В продовж ремонту що проводився у 2004 року було зменшено площу одинарних вікон на сходових клітинах поверхів.

2. **Ущільнення вікон.** В рамках цього заходу було зроблене ущільнення всіх вікон у корпусі.

3. **Теплоізоляція стін та вікон.** На третьому поверсі в Центрі підготовки енергоменеджерів було проведено роботи з додаткового утеплення стін з внутрішньої сторони.

4. **Модернізація теплового пункту та системи опалення.** Проведено загальну модернізацію теплового пункту та системи опалення.

2.1 Загальний опис системи теплопостачання

Теплопостачання будівлі здійснюється від районних теплових мереж №4 м. Києва. Договір на постачання теплової енергії у вигляді гарячої води №910610 від 01.05.1999 р. Джерелом теплопостачання систем опалення служить міська тепломережа від місця приєднання до ввідної засувки корпусу, ДУ 100 довжиною 8 метрів. Система опалення підключається до теплових мереж через пластинчастий теплообмінник (Технічні умови АЕК «Київенерго» на реконструкцію системи теплопостачання навчального корпусу №22 - ТУ №07/176 від 16.02.1999), облік споживання теплової енергії виконується в існуючому тепловій пункті корпусу, що знаходиться в правій частині будинку на

першому поверсі. В теплопункті встановлені манометри, термометри, та інші засоби обліку. Розрахунковий температурний графік подачі теплоносія – $T_1/T_2=150/70^{\circ}\text{C}$,

В навчальному корпусі в 2000 році була проведена реконструкція системи опалення з залежної на незалежну та модернізація теплового пункту, за рахунок гранту датського фонду. Метою такої модернізації було впровадження системи регулювання споживання теплової енергії на опалення за рахунок відокремлення системи опалення від централізованої мережі через пластинчастий теплообмінник.

Зміни в системі опалення передбачали заміну залежної системи опалення на незалежну одноконтурну радіаторну систему водяного опалення з верхнім розведенням. З метою балансування стояків, та рівномірного розподілу теплоносія по системі встановлено регулюючий вентиль, що змінює опір стояків. Всі радіаторні вузли що знаходяться на третьому поверсі в Центрі підготовки енергоменеджерів, були заглушені та видалені. Теплопостачання центру відбувається від електричного котла, що розміщений в одному з приміщень центру. На кожному стояку знизу встановлений вентиль для регулювання витрати теплоносія по стояках. На кожному радіаторі встановлені терморегулятори, призначені для регулювання теплового навантаження кожного радіатора (виробник фірма "DANFOSS") з термостатичним елементом моделі RTD 1320, захищені від недотепного використання, із вмонтованими датчиками й захистом від морозу, із пристроєм для обмеження й фіксації настроювання температури. На решті поверхів встановлено спрощені терморегулятори, які в ручному режимі дозволяють зменшити витрату теплоносія на опалювальний прилад, однак з плином часу та внаслідок неправильного використання терморегуляторів студентами, більшість з них знаходиться в неробочому стані.

В приміщенні теплового пункту, після реконструкції, встановлений окремий теплообмінний модуль, що відокремлює центральні теплові мережі від опалювальної мережі корпусу. Приєднання теплових мереж до теплового модуля відбувається через перше приміщення теплового пункту по трубах що

підводяться по лотковому каналу. Первинний вузол комерційного обліку встановлений перед теплообмінним модулем (1), вторинний вузол обліку встановлений на трубах, що підключені до повітряної завіси. На вводі встановлена дросельна шайба, яка обмежує витрату теплоносія до 13038 кг/год. Для відокремлення від підводящих трубопроводів встановлені запірні вентиля.

Для захисту від бруду що потрапляє із центральної системи встановлений фільтр з сіткою великого діаметру з діаметром труби 100 мм.

Циркуляцію води в системі корпусу забезпечують циркуляційний одноступеневий спарений насос (2) фірми Danfoss моделі Inline LMD 80-160/173, з електроприводом типу AMV 523. встановленою потужністю 25 м3/год Керування частотою обертів насоса здійснюється спеціальним керуючим електронним блоком. В якості керуючого сигналу для регулювання частоти обертів є аналоговий сигнал від електромагнітного витратоміра. Для затримування бруду встановлений фільтр з великими отворами на сітці, та запірна арматура. Для підтримування постійного напору в подавальному та зворотному трубопроводах використовується регулятор перепаду тиску AFP фірми Danfoss. Пластинчастий теплообмінник фірми Alfa Laval M10-MFG (1), який представлено на рис.2.4.1 приєднується зі сторони „гарячого” теплоносія до теплової мережі, а зі сторони „холодного” теплоносія – до діючої системи опалення корпусу за допомогою ізольованих трубопроводів (7), фланцевих з’єднань, арматури тощо.

Для визначення тиску в трубопроводах мережної води (первинний контур) на прямій та зворотній магістралі встановлено манометри (4), а для визначення відповідних температур, витрати гарячого теплоносія та для проведення обліку спожитого тепла – тепловий лічильник SONOCAL 3000 (6), що складається із ультразвукового витратоміра SONOFLO 3300/3000, модуля розрахунку тепла ЕЕМ-С та двох температурних датчиків Pt 500.

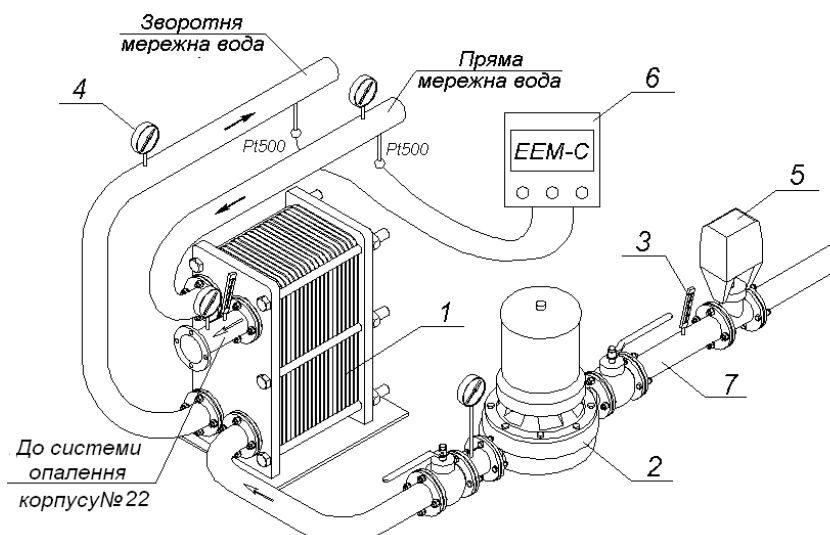


Рисунок 2.4 – Теплопункт корпусу №22 НТУУ КПІ:

1 - пластинчастий теплообмінник Alfa Laval; 2 - відцентровий насос;
3 - термометр; 4 - манометр; 5 - електромагнітний витратомір; 6 - тепловий лічильник SONOCAL 3000; 7 - з'єднувальні трубопроводи.

Зі сторони холодного теплоносія (вторинний контур) в характерних місцях на прямому та зворотному трубопроводах встановлено для виміру тиску – манометри, а для виміру температури – спиртові термометри (3). Крім того, для обліку витрати теплоносія на зворотному трубопроводі встановлено електромагнітний витратомір MAGFLO 3100 (5) з електроприводом типу AMV 523. Керування частотою обертів насоса здійснюється спеціальним керуючим електронним блоком. В якості керуючого сигналу для регулювання частоти обертів є аналоговий сигнал від електромагнітного витратоміра. Не зважаючи на проведену реконструкцію теплового пункту, стан системи опалення не задовільний: в деяких кімнатах радіатори закриті облицювальними матеріалами; більшість терморегуляторів зламані; система опалення засмічена; система регулювання циркуляційних насосів не функціонує; система регулювання системи опалення від температури зовнішнього повітря не функціонує; теплообмінний модуль потребує очищення; фільтри грубої очистки не промивалися з моменту встановлення обладнання, можуть викликати засмічення системи.

Система водопостачання і каналізації.

Водопостачання корпусу №22 здійснюється трубопроводом з діаметром вводу 100 мм. Лічильник КВБ-10 встановлений на першому поверсі в приміщенні тепловпункту. В корпусі вода витрачається в 17 санвузлах, перелік наведений в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Кількість санвузлів

| По верх | Кількість умивальників | Кіль- кість унітазів |
|------------|---------------------------|----------------------------|
| 7 | 4 | 8 |
| 6 | 6 | 8 |
| 5 | 3 | 8 |
| 4 | 4 | 8 |
| 3 | 4 | 8 |
| 2 | 2 | 4 |
| 1 | 1 | |

Для оцінки витрат води протягом доби в системі водопостачання корпусу були проведені контрольні заміри накладним ультразвуковим витратоміром UFM600. Встановлення витратоміра виконувалось в приміщенні теплового пункту в точці приєднання холодної води.

Витрати води наведені на рисунку 2.5 та таблиці 2.5.

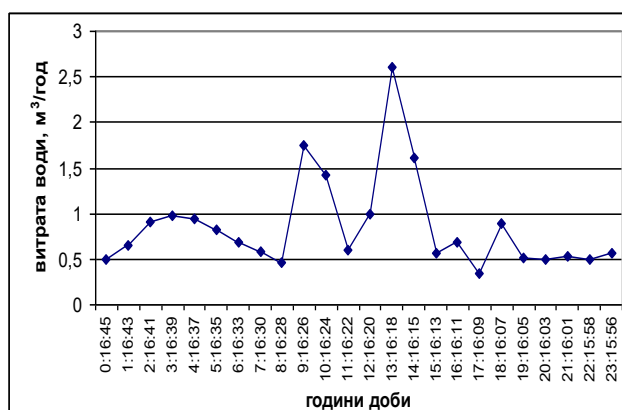


Рисунок 2.5 – Добовий графік витрати води в навчальному корпусі №22

(15.03.05)

Таблиця 2.5 – – Добові витрати води в навчальному корпусі №22

| Час (год:хв:с ек) | Ви- трата м ³ /год | Час (год:хв:с ек) | Ви- трата м ³ /год |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 0:16:45 | 0,5 | 12:16:20 | 0,99 |
| 1:16:43 | 0,65 | 13:16:18 | 2,6 |
| 2:16:41 | 0,91 | 14:16:15 | 1,61 |
| 3:16:39 | 0,97 | 15:16:13 | 0,56 |
| 4:16:37 | 0,95 | 16:16:11 | 0,69 |
| 5:16:35 | 0,83 | 17:16:09 | 0,35 |
| 6:16:33 | 0,68 | 18:16:07 | 0,89 |
| 7:16:30 | 0,58 | 19:16:05 | 0,52 |
| 8:16:28 | 0,47 | 20:16:03 | 0,5 |
| 9:16:26 | 1,75 | 21:16:01 | 0,53 |
| 10:16:24 | 1,42 | 22:15:58 | 0,49 |
| 11:16:22 | 0,6 | 23:15:56 | 0,57 |

Аналіз наведених даних свідчить про наявність підвищеного водоспоживання в нічні години доби, а значить наявності втрат та протікань елементів водопровідної мережі (в т.ч. і сантехнічних приладів), оскільки при відсутності останніх водоспоживання корпусу повинно становити нуль, що пов'язано з режимом роботи установи. Виявлені втрати потребують усунення та постійного контролю, оскільки призводять до неефективного ресурсовикористання та збільшення видатків з бюджету університету на покриття комунальних витрат.

Заходи, що запропоновано розглянути:

- 1) збільшення значень приведених опорів теплопередачі зовнішніх стін;
- 2) збільшення значень приведених опорів теплопередачі світлопрозорих огорожень;
- 3) збільшення значень приведених опорів теплопередачі покриттів;
- 4) зменшення тепловитрат трансмісією через цокольні перекриття удосконалення системи опалення;
- 5) удосконалення системи вентиляції;
- 6) впровадження системи автоматичного управління процесами енергозабезпечення будівлі.

2.2 Дослідження огорожувальних конструкцій будівлі

Огорожувальні конструкції.

Структура будівлі навчального корпусу №22 традиційна, укріплена бетонними колонами, балками та перекриттями. Парапети та торцеві стіни будівлі виконані із цегляної кладки.

Загальна площа стін навчального корпусу складає 6515 м².

Особливістю непрозорих огорожувальних конструкцій будівлі є наявність поздовжніх пілонів (ребер) з Пн та Пд сторін фасаду будівлі. Однак, як показало дослідження, проведене у [16], дані елементи огорожувальної конструкції не є містками холоду, тому їх площу можна не враховувати при розрахунку тепловтрат.

2.2.1 Розрахунок теплотехнічних та геометричних показників огорожувальної конструкції будівлі

Стіни.

Навчальний корпус №22 являє собою залізобетонний каркас із цегельною кладкою із червоної цегли марки 100 і глибиною кладки 0,5м.

Із зовнішньої сторони стіни покриті шаром штукатурки товщиною 0,013 м, з середини - штукатуркою гіпсом, портландцементом. Зовнішні стіни вище 1-го поверху виконані із глиняної пустотілої цегли (ДЕРЖСТАНДАРТ 631 6-55), кладка в 1 цеглу, товщиною 0,25 м, внутрішня поверхня утеплена трьома шарами оргаліту.

Сумарний термічний опір глухих стін, визначається за формулою:

$$R_{CT} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_C}{\lambda_1} + \frac{\delta_{III}}{\lambda_2} + \frac{\delta_K}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}$$

Величини опорів теплопередачі стін наведено в таблиці 2.3.

Вікна.

Інформація про розміри та кількість вікон наведена в таблиці 2.1. Загальна площа всіх вікон - 3858 м². Кількість вікон на Північній стороні – 153 шт. Кількість вікон на Південній стороні – 155 шт.

Опір теплопередачі виділених типів світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівлі наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.1 – Типорозміри світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівлі

| Розмір вікна | Кількість вікон |
|--------------|-----------------|
| 3*2,3 | 20 |
| 0,7*2,3 | 1 |
| 2,3*2,3 | 1 |
| 3,2*6 | 5 |
| 5*2,32 | 225 |
| 1,7*3,15 | 5 |
| 0,9*2,32 | 1 |
| 4,1*2,32 | 2 |
| 3,16*2,32 | 2 |
| 0,8*2,32 | 3 |
| 0,8*4,32 | 1 |
| 4,2*4,32 | 1 |
| 3,16*4,32 | 2 |
| 1*4,32 | 1 |
| 1*2,32 | 3 |
| 3,17*2,32 | 3 |
| 4,2*2,32 | 4 |
| 5*4,32 | 26 |
| 1,7*5,15 | 2 |

Візуальне обстеження світлопрозорих огорожувальних конструкцій, що зображене на рисунку 2.1 яке підтвердилося тепловізійною зйомкою, виявило значну кількість вікон, що потребують заміни або ущільнення. Особливу увагу необхідно звернути на герметизацію прилягань рам вікон до зовнішніх стін.

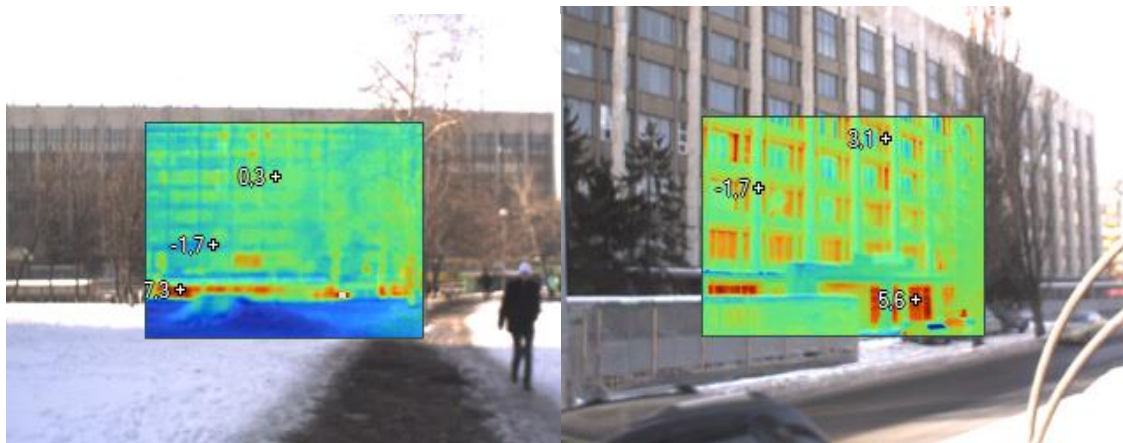


Рисунок 2.1 – Зображення тепловізійної зйомки огорожувальних конструкцій

Двері.

За результатами обстеження виявлено два типи зовнішніх дверей: центрального входу – металопластикові з тамбуром та автодоводчиком та двері заднього двору – дерев'яні, детальна інформація про розміри та типи наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Типорозміри дверей будівлі

| Тип дверей | Розміри (ширина×висота) | Площа, м ² |
|--|----------------------------|--------------------------|
| металопластикові з тамбуром та автодоводчиком | 3,6 6 | 21,6 |
| дерев'яні | 0,9 2,5 | 2,25 |

Значення термічного опору дверей наведено в таблиці 2.3.

Дах та підлога.

Покрівля складається з шару гравію та трьох шарів руберойду на бітумній мастиці, товщина 0,01 м; цементної стяжки, товщиною 0,02 м; мінераловатної плити, товщиною 0,08 м; пароізоляції; залізобетонної стіни, товщиною 0,05 м. Схематичне зображення конструкції даху зображено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Схематичне зображення конструкції даху будівлі

Візуальне обстеження засвідчило необхідність відновлення теплоізоляційного покриття горищного перекриття, яке через значний термін експлуатації майже втратило свої властивості як утеплювача. Загалом стан горища задовільний.

Термічний опір даху наведено в таблиці 2.3.

Підлога.

Будівля не має підвалу. Підлога складається з шару кам'яної плитки товщиною 0,012м, цементної стяжки та шклякобетону, основою служить бетонна плита.

Для визначення опору теплопередачі підлоги на ґрунті розділимо її на зони, паралельні зовнішнім стінам (рисунок 2.3). Кожна із зон шириною $f = 2$ м. Площу ділянок підлоги, що прилягають до кутів у першій зоні враховуємо двічі.

Опір теплопередачі для:

Продовження талиці 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-----|-------|----|-------|------|-----|-----|------|--------|-------|
| | портлантцемент | 0,006 | 0,87 | 0,007 | | | | | | | | | | |
| | гіпс | 0,037 | 0,21 | 0,176 | | | | | | | | | | |
| | штукатурка | 0,013 | 0,81 | 0,016 | | | | | | | | | | |
| Підлога 1-го пов. | плитка кераміч. | 0,012 | 0,64 | 0,019 | | | | | 2,15 | 4,3 | 8,6 | 14,2 | 2,337 | 0,428 |
| | цем.стяжка | 0,015 | 0,93 | 0,016 | | | | | | | | | 4,487 | 0,223 |
| | шлакобетон | 0,04 | 0,63 | 0,063 | | | | | | | | | 8,787 | 0,114 |
| | бетонапідгот. | 0,07 | 0,79 | 0,089 | | | | | | | | | 14,387 | 0,070 |
| Дах | гравій на бітумі | 0,02 | 0,23 | 0,087 | 7,6 | 0,132 | 12 | 0,083 | | | | | 1,374 | 0,728 |
| | руберойд | 0,002 | 0,27 | 0,007 | | | | | | | | | | |
| | бітумна мастика | 0,003 | 0,27 | 0,011 | | | | | | | | | | |
| | цем.стяжка | 0,02 | 0,93 | 0,022 | | | | | | | | | | |
| | жорсткі мін.плити | 0,08 | 0,08 | 1,000 | | | | | | | | | | |
| | гідроізол.бітумн. | 0,002 | 0,27 | 0,007 | | | | | | | | | | |
| | збірні з/б плит | 0,05 | 2,040 | 0,025 | | | | | | | | | | |
| Зовнішні двері | подвійні з тамбуром | | | | | | | | | | | | 0,43 | 2,326 |
| Вікна | подвійне засклення в парених плетіннях | | | | | | | | | | | | 0,34 | 2,94 |
| Засклення 1-го поверху | ординарне засклення в рамах | | | | | | | | | | | | 0,15 | 6,67 |
| Вікна сходової клітини | подв. засклення в парених плетіннях | | | | | | | | | | | | 0,31 | 3,23 |

2.3 Аналіз сучасного стану

Під час проектування та будівництва будівель і споруд, з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на опалення, охолодження та гаряче водопостачання, дотримуються відповідних норм [14], що встановлюють вимоги до показників огорожувальних конструкцій. Положення цих норм встановлюють мінімальні вимоги до теплотехнічних показників конструкцій теплоізоляційної оболонки будівель та до енергетичних характеристик будівель або відокремлених їх частин, що визначені на підставі економічного обґрунтованого рівня енергетичної ефективності будівлі з урахуванням очікуваного життєвого її циклу за умови задоволення побутових потреб людини у приміщеннях такої будівлі.

За наявності економічного обґрунтування та/або за технічним завданням теплотехнічні показники та енергетичні характеристики будівлі, що проектується, можуть перевищувати нормативні значення.

При системному принципі проектування за вимогами до енергоефективності будівлі вимоги до показників мінімально допустимої температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, температурою перепаду між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, вологостійкості перевіряються обов'язково.

Технічні рішення для забезпечення оптимального рівня витрат на споживання енергії та подальшого підвищення енергетичної ефективності будівель повинні враховувати кліматичні і місцеві особливості, внутрішнє кліматичне середовище та економічну ефективність. Такі заходи не повинні суперечити іншим істотним вимогам стосовно будівель, таким як легкість доступу, безпека та призначення будівлі.

Матеріали та конструкції, що використовуються для теплоізоляції будівель, не повинні вміщувати та виділяти токсичних та шкідливих для здоров'я людини речовини. Величина ефективної питомої активності природних радіонуклідів в матеріалах, що використовуються для теплоізоляції будівель, не повинна перевищувати 370 Бк/кг.

При проектуванні об'єктів будівництва повинна бути врахована технічна, екологічна і економічна доцільність альтернативних систем енергопостачання – децентралізованих систем постачання енергії з відновлювальних джерел; когенерації; централізованого опалення або охолодження, зокрема, якщо воно базується загалом або частково на енергії з відновлювальних джерел; теплових pomp, за умови їх доступності.

Аналіз зазначених альтернативних систем повинен бути задокументований та доступним для перевірки.

Аналіз альтернативних систем здійснюється для будівлі індивідуально або для групи схожих будівель чи спільних типологічних характеристик будівель в одній температурній зоні. Що стосується комбінованих систем опалення і охолодження, то аналіз здійснюється для усіх будівель, приєднаних до системи в одній зоні.

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будівлі на основі багат шарових конструкцій необхідно розташовувати з внутрішньої сторони конструкцій шари з матеріалів, що мають більш високу теплопровідність, теплоємність та опір паропроникнення.

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будівлі з використанням термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій для зменшення термічної неоднорідності в площині фасаду будівлі необхідно забезпечувати щільне прилягання теплоізоляційних матеріалів до теплопровідних включень і передбачати заходи відповідного контролю. Наскрізнi теплопровідні включення слід розташовувати ближче до теплової сторони огорожувальних конструкцій. Наскрізнi головним чином, металеві включення (профілі, стрижні, болти, анкери, кронштейни тощо) мають бути ізольовані матеріалами з теплопровідністю не більше ніж $0.35 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Під час проектування будівлі треба передбачати захист внутрішніх поверхонь стін від впливу вологи, зовнішніх – від атмосферних опадів з використанням опоряджувально-захисних шарів покриття (облицювання, штукатурки, фарбування), які вибираються залежно від матеріалу стін, їх конструктивного рішення та умов експлуатації. Огорожувальні конструкції, що контактують з ґрунтом, необхідно захищати від ґрунтової вологи шляхом розміщення в стінах (зовнішніх і внутрішніх) вище вимощення будівлі, а також нижче рівня цокольного чи підвального поверхів, горизонтальної гідроізоляції, а в підземній частині стін – вертикальної гідроізоляції.

Проектування конструкцій із фасадною теплоізоляцією гідно з [1] повинне забезпечувати безпеку життя та здоров'я людини і захист навколишнього природного середовища. Безпеку експлуатаційної придатності будівель та споруд із застосуванням конструкцій із фасадною теплоізоляцією забезпечують відповідно до [2] залежно від конструктивного рішення системи теплоізоляції.

Щодо пожежної безпеки конструкцій із фасадною теплоізоляцією.

Конструкції із фасадною теплоізоляцією повинні відповідати вимогам [3].

При застосуванні матеріалів теплової ізоляції та опоряджувального шару групи горючості НГ згідно з [3] конструкції із фасадною теплоізоляцією можуть застосовуватися для будівель та споруд з умовною висотою понад 47 м без обмежень.

Конструкції із фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатуркою або дрібноштучними виробами при застосуванні теплової ізоляції групи низької горючості Г1 і групи помірної горючості Г2 згідно з [3] та штукатуркою або дрібноштучними виробами із негорючих матеріалів, та матеріалів групи низької горючості Г1 можуть застосовуватися для багатопверхових будівель та споруд з умовною менше ніж 26,5 м, за винятком дошкільних закладів освіти та закладів охорони здоров'я, закладів для літніх людей згідно з [4] та будівель і споруд 1 ступеня вогнестійкості, а також для будівель і споруд 2 та 3 ступенів вогнестійкості культурно-видовищних закладів, дозвілєвих закладів. У разі застосування теплової ізоляції групи низької горючості Г1 для будівель з умовною висотою від 9 м до 26,5 м включно обов'язково виконують пояси через кожних три поверхи та обрамлення віконних та балконних прорізів тепловою ізоляцією із негорючих матеріалів завширшки не менше ніж дві товщини використаної ізоляції.

При виконанні утеплення будівель закладів освіти матеріали для теплоізоляції потрібні вибиратися згідно [5].

Що стосується віконних та полівінілхлоридних дверних блоків.

Вироби повинні виготовлятися відповідно до вимог [6] і конструкторської та технічної документації оформленої згідно з [7], затвердженої у встановленому порядку. Для виготовлення даних виробів застосовуються :

- Профілі із ПВХ;
- Елементи жорсткості;
- Віконні або дверні прилади;
- Скло, склопакети;
- Підкладки під скло, склопакети;
- Ущільнювальні прилади, герметики;

– Кріпильні вироби;

Профілі з ПВХ повинні відповідати вимогам [7]. Елементи жорсткості коробок, стулок і полотен виробів повинні виконуватися з оцинкованої сталі згідно з [8], алюмінієвих сплавів відповідно до [9] або іншого захищеного від корозії профілю, фізико-механічні властивості та якість поверхні якого повинні бути не нижче вказаних у [8], [9].

Типи, розміри і конструкція елементів жорсткості встановлюються згідно з конструкторською документацією на вироби конкретних типів, затверджено у встановленому порядку з забезпеченням необхідної величини опору вітрового навантаження. Не допускається стикування чи розрив елементів жорсткості за довжиною межах однієї деталі профілю із ПВХ. Товщина захисного покриття елементів жорсткості повинна бути не менше 10 мкм. Граничні відхилення за товщиною елементів жорсткості не повинні перевищувати значень граничних відхилів заготовок нормальної точності прокочування згідно з [10] без урахування товщини захисного профілю із ПВХ. Граничні відхилення за товщиною елементів жорсткості не розповсюджуються на місця вигину.

Відповідні вимоги до проектування нових і реконструкцію існуючих будівель закладів освіти.

При проектуванні всіх закладів освіти необхідно забезпечувати доступність учнів та студентів, що відносяться до маломобільних груп населення, та осіб з інвалідністю (насамперед тих, які пересуваються на кріслах колісних) до будівель та їх приміщень з урахуванням вимог [11]. Під час проектування закладів загальної середньої освіти для організації інклюзивного навчання слід виконувати вимоги, викладені у 6.66 -6.91 цих Норм [11].

Розрахункова одночасна місткість будівель закладів вищої освіти визначається – за кількістю студентів форми навчання і 10% кількості студентів заочної форми навчання. Кількість учнів підготовчих відділень встановлюється завданням на проектування з розрахунку охоплення не більше ніж 20% з тих, хто приймається на перший курс денної форми навчання.

Заклади освіти доцільно об'єднувати за відповідних умов в освітні комплекси одного або різних рівнів освіти шляхом блокування або кооперування окремих функціональних будівель.

Структура та загальна місткість освітніх комплексів встановлюється завданням на проектування.

Для закладів професійної (професійно-технічної) та вищої освіти необхідно передбачати відстань від прорізної частини швидкісних доріг та магістралей неперервного руху до будівлі не менше ніж 50 м, від прорізної частини вулиць і доріг місцевого значення – не менше ніж 25м.

При будівництві нових і реконструкції існуючих закладів освіти в забудові, яка сформувалася, склад приміщень може бути встановлений із урахуванням часткового використання відповідних приміщень інших закладів.

При розробленні об'ємно-планувальних рішень будівель закладів освіти для будівництва в різних природно-кліматичних районах необхідно враховувати їх особливості згідно з [12].

Перелік ті площі приміщень визначаються завданням на проектування з урахуванням контингенту студентів, штатного розкладу адміністративно-викладацького та допоміжного персоналу, навчальних планів, особливостей організації освітнього процесу.

Приміщення закладів професійно-технічної освіти слід групувати з виділенням навчального, громадсько-побутового та навчально виробничого корпусів. Допускається розміщення навчальних та громадсько-побутових приміщень в одній будівлі з виділенням навчально-виробничих майстерень в ізольовану секцію, прибудований блок або відокремлений корпус за дотримання навчально-технологічних та санітарно-гігієнічних вимог.

Будівлі повинні бути обладнані системами опалення та вентиляції, які слід проектувати згідно з вимогами [12]. Максимальна розрахункова температура теплоносія, який подається до опалювальних приладів закладів освіти, не повинна перевищувати 90 °С а двотрубних і 95 °С в однострубних системах.

Будівлі закладів освіти повинні підключатись, як правило, до систем централізованого теплопостачання. За неможливості підключення до систем централізованого теплопостачання слід проектувати відповідно до ДБН В.2.5-77 місцеві теплогенератори, які рекомендується передбачати за обґрунтуванням разом з альтернативними джерелами, наприклад, з тепловими насосами і сонячними колекторами, які можуть застосовуватися в разі активного використання будівлі влітку.

Будівлі приєднані до систем централізованого теплопостачання, повинні бути обладнані вузлами комерційного обліку згідно з [13] мають бути встановлені в окремих блоках будівлі або освітньому комплексу, в яких здійснюється самостійна господарська діяльність.

Приплив свіжого повітря в навчальні приміщення і витяжку з них слід передбачати припливно-витяжними установками з використанням теплоти витяжного повітря для підігріву припливного повітря.

Допускається передбачати подавання свіжого повітря через верхні фрамуги вікон:

- У навчальні приміщення з кількістю місць до 20 включно;
- У навчальні приміщення з кількістю місць до 30 включно, якщо заклад проектується для районів, де нормативна температура зовнішнього повітря взимку за параметрами становить мінус 18 °С і вище.

У разі подавання в навчальні приміщення свіжого повітря через верхні фрамуги вікон витяжна вентиляція з них повинна проектуватися з природним спонуканням без дефлекторів з розрахунку однократного обміну за годину.

Окремі системи витяжної вентиляції слід передбачати для таких приміщень (груп приміщень): лекційних аудиторій, лабораторій, навчальних майстерень, залів курсового та дипломного проектування, читальних залів, актових залів, фізкультурно-спортивних залів, басейнів, тирів, їдальні, медпункту, кіноапаратної, санітарних вузлів. Витяжні системи від приміщень приготування їжі і загальних туалетів мають проектуватися з повітропроводів класу «П». Викид

повітря від цих приміщень маю бути організований вище покрівлі найвищої в радіусі 50 м частини будівлі.

Системи опалення слід проектувати із змінним тепловим режимом, в яких необхідно забезпечувати залежне від погодних умов автоматичне регулювання теплового потоку системи опалення з додатковим його коригуванням за усередненою температурою внутрішнього повітря або за температурою повітря у характерному за призначенням будівлі приміщенні, що має найбільш питомі тепловтрати. Рекомендується застосовувати коригування за другим способом. За наявності самостійних систем, які обслуговують їдальню, навчальні майстерні та інші групи приміщень, регулятори теплового потоку за погодинними умовами встановлюють безпосередньо на відгалуженнях до цих груп приміщень.

Окрім того, опалювальні прилади слід оснащати автоматичним регулятором температури повітря в приміщенні (терморегулятор або електронний регулятор витрати теплоносія).

2.4 Аналіз поточного технічного стану системи

Однією з основних експлуатаційних проблем навчального корпусу №22 є незадовільний рівень температурних умов в приміщеннях навчальних аудиторій. Такий стан зумовлений рядом особливостей системи теплопостачання та характеристик огорожувальних конструкцій корпусу, а саме:

1. Централізоване теплопостачання – невиконання договірних умов теплопостачання, та як наслідок неможливість керівництва університету впливати на температуру в подавальному трубопроводі тепломережі.

2. Система опалення будівлі з незалежним приєднанням - тобто теплоносії не потрапляє безпосередньо з системи централізованого теплопостачання до системи опалення будівлі, а через теплообмінник віддає теплоту теплоносію, що циркулює в закритій системі – як показало дослідження в цій системі корпусу №22 не забезпечується належний тепловий навіть при тих параметрах теплоносія, що прийшли від системи

теплопостачання. Причинами цьому можуть бути: засміченість теплообмінника та мала площа теплообміну.

3. Засміченість системи опалення будівлі – неможливість забезпечити нормативний теплотієм з опалювальних пристроїв.

4. Велика площа світлопрозорих огорожувальних конструкцій – збільшені тепловтрати – це є питанням іншої роботи, тому в даному дослідженні воно не розглядатиметься.

2.5 Шляхи підвищення ефективності

При дослідженні будівлі було виявлено більшість проблем. На даний час система опалення розбалансована. Нерівномірність розподілення теплоносія у внутрішній мережі призводить до коливань внутрішньої температури приміщень залежно від стояку системи опалення. Зважаючи на те, що система одноконтурна, регулювання ускладнене. Враховуючи всі наявні фактори, що впливають на тепловий баланс будівлі, будуть запропоновані відповідні шляхи підвищення.

Заходи, що запропоновано розглянути:

- 1) збільшення значень приведених опорів теплопередачі зовнішніх стін;
- 2) збільшення значень приведених опорів теплопередачі світлопрозорих огорожень;
- 3) збільшення значень приведених опорів теплопередачі покриттів;
- 4) зменшення тепловитрат трансмісією через цокольні перекриття та;
- 5) удосконалення системи опалення;
- 6) удосконалення системи вентиляції;
- 7) впровадження системи автоматичного управління процесами енергозабезпечення будівлі.
- 8) Модернізація ІТП.

2.6 Пропозиції щодо модернізації системи

Утеплення стін будівлі з урахуванням складних архітектурних форм.

Обстеження зафіксувало зниження теплозахисних якостей непрозорих огорожувальних конструкцій будівлі, що впливає на температурні умови в приміщеннях. З метою доведення теплотехнічних якостей огорожувальних конструкцій до нормативних умов, зменшення споживання теплоти для потреб опалення та дотримання комфортних умов у приміщеннях, проведено техніко-економічний аналіз проекту термомодернізації непрозорих огорожувальних конструкцій будівлі. Розглянуто декілька видів утеплювачів, враховано наявність особливостей архітектурних форм будівлі (поздовжні ребра) проаналізовано доцільність проведення утеплення поверхні цих форм та їх вплив на тепловтрати через непрозорі огорожувальні конструкції.

Після аналізу ринку утеплюючих матеріалів, було обрано для утеплення стін мінеральну вату «FRONTROCK S», з наступними характеристиками: густина 135 кг/м^3 і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$. Утеплювач оштукатурений цементно-піщаним розчином товщиною 2 см та пофарбований.

Розрахуймо коефіцієнт теплопередачі після утеплення зовнішньої стіни, формула має наступний вигляд:

$$R_{\text{ст.ум}} = \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} + \frac{\delta_{\text{шт.}}}{\lambda_{\text{шт.}}} + \frac{\delta_{\text{м.}}}{\lambda_{\text{м.}}} + \frac{\delta_{\text{шт.}}}{\lambda_{\text{шт.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}}, \quad (2.1)$$

де $\delta_{\text{м.}}$ – товщина мінвати, $\delta_{\text{шт.}} = 0,1 \text{ м}$.

$\lambda_{\text{м.}}$ – коефіцієнт теплопровідності мінвати, $\lambda_{\text{м.}} = 0,039 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot ^\circ \text{C})}$.

Отже, згідно для зовнішньої стіни тип 1 (2.1):

$$R_{\text{ст.ум1}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,013}{0,81} + \frac{0,037}{0,21} + \frac{0,006}{0,87} + \frac{0,5}{0,58} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,83 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Отже, згідно для зовнішньої стіни тип 2 (2.1):

$$R_{\text{ст.ум2}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,013}{0,81} + \frac{0,037}{0,21} + \frac{0,006}{0,87} + \frac{0,25}{0,58} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,40 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни, визначатимемо за формулою :

$$K_{cm.ym1} = \frac{1}{3,83} = 0,26 \frac{Вт}{м^2 * К},$$

$$K_{cm.ym2} = \frac{1}{3,40} = 0,29 \frac{Вт}{м^2 * К}.$$

Розрахуємо економію теплоти при утепленні мін-ватою відповідно до орієнтації зовнішніх стін за сторонами світу за формулою:

$$\Delta Q_{cm.} = (K_{cm.} - K_{ym.cm.}) \cdot F_{cm.} \cdot (t_{вн.} - t_{ср.о}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}. \quad (2.2)$$

де $t_{ср.о}$ – середня температура за опалювальний період в м. Києві,
 $t_{ср.о} = -^{\circ} 0,1 \text{ С [2]}$;

о n – тривалість опалювального періоду, для м. Києва $n = 179$ діб.

Економія теплоти після утеплення зовнішніх стін наведена у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Економія теплоти після утеплення зовнішніх стін

| ОК | Площа ОК, м ² | $\Delta K_o,$ Вт/(м ² · °С) | $\Delta t, ^{\circ}\text{С}$ | $\Delta Q_o, \text{кВт}$ | $\Delta Q_o,$ Гкал/год |
|----------|--------------------------|---|------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Ст тип1 | 779 | 0,53 | 20.1 | 8,30 | 0,0071 |
| Ст тип 2 | 5736 | 0,9 | | 103,76 | 0,089 |

Розрахуємо економію за рік за формулою:

$$\Delta Q_{рік} = \Delta Q \cdot 24 \cdot n_o, \quad (2.3)$$

$$\Delta Q_{рік1} = 0,0071 \cdot 24 \cdot 179 = 30,5 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

$$\Delta Q_{рік2} = 0,089 \cdot 24 \cdot 179 = 383,35 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Знайдемо економію в грошовому еквіваленті за формулою:

$$E = \Delta Q_{рік} \cdot b, \quad (2.4)$$

де b – ціна на теплову енергію для бюджетних закладів з 01.01.2019,

$$b = 1822,40 \frac{\text{грн}}{\text{Гкал}}.$$

Підставивши дані в формулу (2.4), маємо:

$$E_1 = 30,5 \cdot 1822,4 = 55583,2 \text{ грн} / \text{рік},$$

$$E_2 = 383,35 \cdot 1822,4 = 698617,04 \text{ грн} / \text{рік}.$$

На рисунку 2.6 наведено структуру стінки після утеплення, в таблиці 2.7 наведені кількість потрібного матеріалу та його ціну на 1 м².

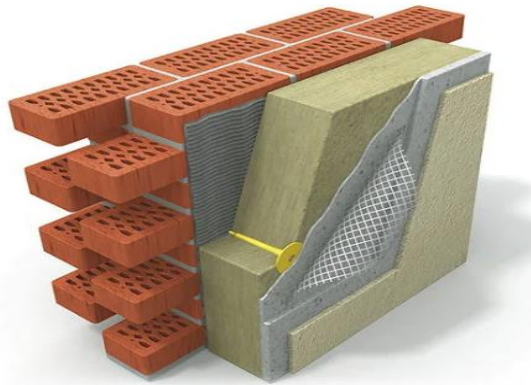


Рисунок 2.6 – Структура утеплення стіни

Таблиця 2.7 – Матеріали та ціна на утеплення 1 м² зовнішніх стін

| Матеріал | Кількість на м ² | Ціна, грн |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------|
| Клей для приклеювання | 4 кг | 30 |
| Мінвата | 1 м ² | 235 |
| Клей для армування | 4кг | 35 |
| Дюбель гриб | 6 шт | 24,90 |
| Грунтовка глибокого проникнення | 200 мл | 6 |
| Грунтовка під штукатурку | 200 мл | 15 |
| Сітка армована | 1 м ² | 13 |
| Штукатурка | 3 кг | 100 |
| ΣЦ | | 459,4 |

Розрахуємо величину вкладу яка потрібна для утеплення зовнішніх стін за наступною формулою:

$$K = C \cdot F + M \cdot F + D, \quad (2.5)$$

де C – ціна утеплювача разом зі оздоблювальними матеріалами,

$C=459,4$ грн/м²;

F – площа утеплення, м²

M – вартість монтажу, $M=280$ грн/м²;

D – додаткові затрати, $D=25000$ грн.

Підставивши значення у формулу 2.5 маємо:

$$K_1 = 459,4 \cdot 779 + 280 \cdot 779 + 25000 = 575992,6 \text{ грн.}$$

$$K_2 = 459,4 \cdot 5736 + 280 \cdot 5736 + 25000 = 4241198,4 \text{ грн.}$$

Оцінка простої окупності заходу знаходиться за формулою(2.6):

$$T = \frac{K_1 + K_2}{E_1 + E_2}$$

Отже, згідно (2.6):

$$T = \frac{575992,6 + 4241198,4}{55583,2 + 698617,04} = 6,39$$

Підвищення енергоефективності віконних конструкцій.

Багато вікон мають щілини між стінами, в деяких випадках відсутній шар скління, через що додатково втрачається теплота. Взимку в кабінетах (викладацькі, деканат) старі вікна заклеюються, у навчальних аудиторіях не завжди проводять такі заходи – на що необхідно звернути увагу керівництву та дати відповідні вказівки допоміжному персоналу.

Одним з шляхів покращення цієї ситуації є заміна старих вікон на енергоефективні. При цьому розглядається варіант зі зменшенням площі світлопрозорих конструкцій.

Загальна площа вікон будівлі складає 4796,4 м². Кількість вікон на Північній стороні – 153 шт, на Південній – 155 шт. Геометричні розміри та кількість вікон показані в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Розміри і кількість вікон

| Розмір вікна | Кількість вікон |
|--------------|-----------------|
| 3 2,3 | 20 |
| 0,7 2,3 | 1 |
| 2,3 2,3 | 1 |
| 3,2 6 | 5 |
| 5 2,32 | 225 |
| 1,7 3,15 | 5 |
| 0,9 2,32 | 1 |
| 4,1 2,32 | 2 |
| 3,16 3,33 | 2 |
| 0,8 2,32 | 3 |
| 0,8 4,32 | 1 |
| 4,2 4,32 | 1 |
| 3,16 4,33 | 2 |
| 1 4,32 | 1 |
| 1 2,32 | 3 |
| 3,17 3,33 | 3 |
| 4,2 2,32 | 4 |
| 5 4,32 | 26 |
| 1,7 5,15 | 2 |

Необхідно відмітити, що вікна будівлі умовно можна поділити на три типи: засклення 1-го поверху – одинарне (засклення в метал. рамах – вітрина), засклення сходових клітин (подв. засклення в метал. спарених плетіннях) та засклення решти вікон (подвійне засклення в дерев. спарених плетіннях). В даній роботі розглядаються варіанти підвищення енергетичної ефективності засклення основної частини будівлі, а саме світлопрозорих конструкцій з подвійним заскленням в дерев'яних спарених плетіннях.

Таблиця 2.9 – Типи віконних конструкцій.

| Огородження | Тип | Термічний опір огороження | Коефіцієнт теплопередачі огороження |
|------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|
| | | Ro | Ko=1/Ro |
| | | м ² C/Вт | Вт/(м ² C) |
| Вікна | подвійне засклення в дерев'яних спарених переплетіннях | 0,34 | 2,94 |
| Засклення 1-го поверху | одинарне засклення в металевих спар.переп. | 0,17 | 5,88 |
| Вікна сходової клітки | подвійне засклення в металевих спарених переплетіннях | 0,34 | 2,94 |

У таблиці 2.10 наведено запропоновані варіанти зменшення тепловтрат через віконні конструкції корпусу.

Таблиця 2.10 – Запропоновані варіанти щодо зменшення тепловтрат через віконні конструкції

| Запропоновані варіанти | Заміна старих вікон на металопластикові або одночасно зі зменшенням площі вікон шляхом замурування | | | |
|--|--|---------------------------|---|---|
| | з одинарним склопакетом* | з подвійним склопакетом* | енергозберігаючі з одинарним склопакетом* | енергозберігаючі з подвійним склопакетом* |
| Формула склопакету (прошарок між листами скла) | 4К-10-4М1-10-4К (кріптон) | 4і-10-4М1-10-4і (повітря) | 4М1-16-4М1-16-4і (аргон) | 4М1-10-4М1-10-4і (кріптон) |
| Термічний опір, R (м ² ·°С)/Вт | 1,32 | 0,93 | 0,80 | 0,94 |
| Ціна, грн/м ² | 810 | 690 | 740 | 690 |

Цифри, які розташовані біля букв вказують на товщину скла, а цифри біля яких букв немає - товщину повітряного прошарку. Позначення скла: М₁ – листове стандартне, і – енергозберігаюче з м'яким покриттям.

Вигляд нового вікна, що пропонується до встановлення, зображений на рисунку 2.7.

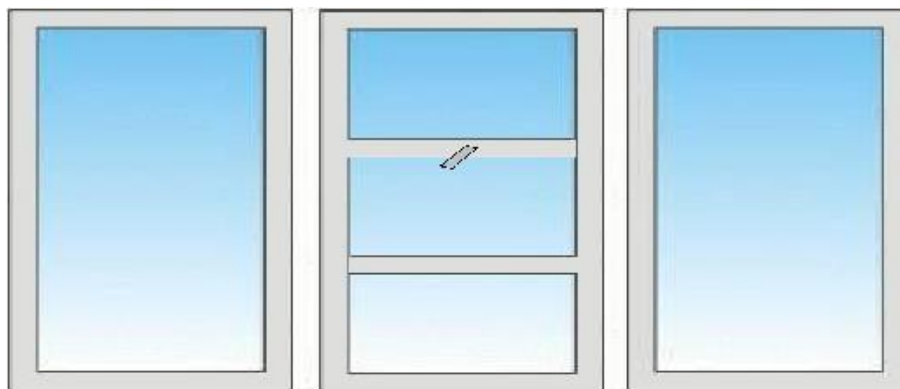


Рисунок 2.7 – Вигляд трьохстворчатого вікна

В цьому заході пропонується заміни старі вікна на нові, з такими ж геометричними характеристиками та коефіцієнтом теплопровідності :

$$K_{\text{в.}} = 1,06 \frac{Bm}{m^2 * K}$$

Розрахуємо економію теплоти при заміні вікон на нові за формулою:

$$\Delta Q_{\text{ст.}} = (K_{\text{ст.}} - K_{\text{ум.ст.}}) \cdot F_{\text{ст.}} \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{ср.о}}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}.$$

де $t_{\text{ср.о}}$ – середня температура за опалювальний період в м. Києві,

$$t_{\text{ср.о}} = -^{\circ} 0,1 \text{ C [14];}$$

о n – тривалість опалювального періоду, для м. Києва $n = 179$ діб.

Економія теплоти після заміни вікон наведена у таблиці 2.7.

Таблиця 2.10 – Економія теплоти після заміни вікон

| ОК | Площа ОК, м ² | $\Delta K_{\text{о}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ | $\Delta t, ^{\circ}\text{C}$ | $\Delta Q_{\text{о}}, \text{ кВт}$ | $\Delta Q_{\text{о}},$ Гкал/год |
|-------|-----------------------------|---|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Вікна | 4796 | 2,24 | 20.1 | 215,94 | 0,186 |

Річна економія тепло після заміни вікон, визначається за формулою (2.3):

$$\Delta Q_{\text{рік1}} = 0,186 \cdot 24 \cdot 179 = 799,06 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Знайдемо економію в грошовому еквіваленті за формулою (2.4):

$$E = \Delta Q_{\text{рік}} \cdot b,$$

де b – ціна на теплову енергію для бюджетних закладів з 01.01.2019,

$$b = 1822,40 \frac{\text{грн}}{\text{Гкал}},$$

Підставивши дані в формулу (2.4), маємо:

$$E = 799,06 \cdot 1822,4 = 1456199,65 \text{ грн} / \text{рік}$$

Розрахуємо величенту вкладу який потрібен для заміни вікон за наступною формулою(2.5):

$$K = C \cdot F + M \cdot F + D,$$

де C – ціна енергозберігаючого вікна з подвійним склопакетом, $C = 610$ грн/м²;

F – площа утеплення, м²

M – вартість монтажу, M=350 грн/м²;

Д – додаткові затрати, Д=500000 грн.

Підставивши значення у формулу 2.5 маємо:

$$K_1 = 690 \cdot 4796,4 + 350 \cdot 4796,4 + 500000 = 5488256 \text{ грн.}$$

Оцінка простої окупності заходу знаходиться за формулою(2.6):

$$T = \frac{K}{E}$$

Отже, згідно (2.6):

$$T_1 = \frac{5488256}{1456199,65} = 3,8$$

2.7 Дослідження джерел теплопостачання

2.7.1 Система закупівлі теплової енергії

З кожним роком в країні будується все більша кількість котелень. Це зумовлює зріст конкуренції на енергетичному ринку, який розвивається і збільшується, відповідно до вимог енергопотреб населення та підприємств. Враховуючи такі тенденції була створена та запущена система «prozorro». Ця сучасна гібридна електронна система побудована за принципами [open source](#). Під гібридною моделлю, на відміну від моно- та мульти-платформених, розуміється така взаємодія центрального державного модулю та комерційних майданчиків, коли вся інформація наявна в центральній базі даних транслюється через майданчики, які відповідають за залучення та обслуговування клієнтів. Розробка системи юридично відбувалось відомою NGO [Трансперенсі Інтернешнл](#). Код системи є абсолютно відкритим, відповідно до [ліцензії Apache 2.0](#), його можна вільно скачувати та використовувати.

Після закінчення тендеру в електронній системі можна побачити всю інформацію стосовно поданих пропозицій всіх учасників, рішень тендерної комісії, всі кваліфікаційні документи, тощо.

Система Prozorro використовує комерційні онлайн-майданчики для реєстрації та підключення користувачів та організаторів. В системі є кілька акредитованих майданчиків для всіх типів закупівель.

За рахунок цієї системи з'являється можливість купити енергію за найнижчою ціною, що є беззаперечною перевагою.

2.7.2 Конкурентне теплопостачання. Ринок теплової енергії

На даний час ведеться активна робота над розробкою проектів відповідних законодавчих актів щодо внесення змін до Закону України «Про теплопостачання» та суміжні закони, з урахуванням рішень Робочої групи, а також підзаконні акти, які необхідні для створення та сталого розвитку конкурентного ринку виробництва теплової енергії в Україні.

Очікувані результати впровадження конкурентних умов у сфері виробництва теплової енергії:

- поступове зниження тарифів на теплову енергію для кінцевих споживачів;
- зменшення споживання природного газу та розвиток нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії;
- зростання приватних інвестицій в секторі централізованого теплопостачання;
- оновлення виробничої інфраструктури;
- підвищення ефективності виробництва теплової енергії для операторів і незалежних виробників;
- створення нових робочих місць.

На рисунку 2.8 зображено схему створення ринку теплової енергії.

Створення конкурентного ринку теплової енергії в Україні

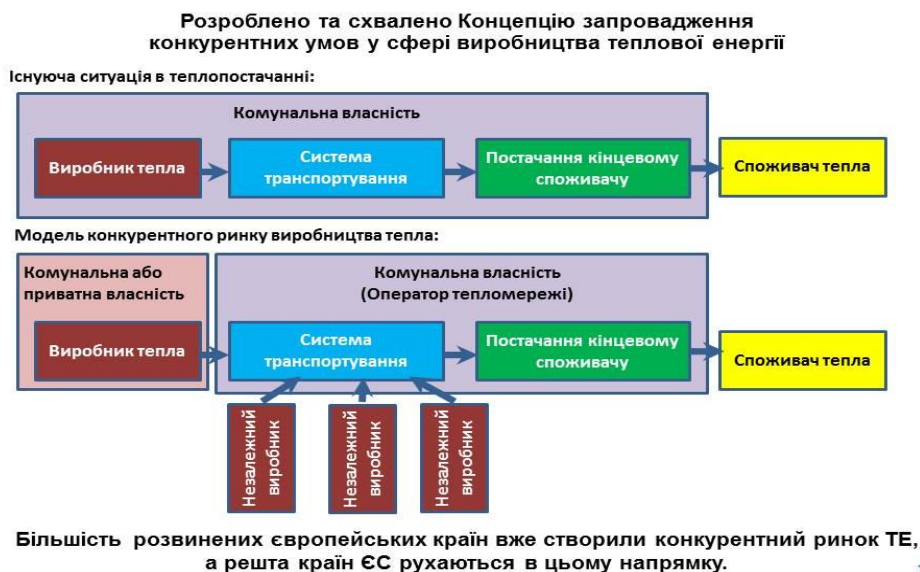


Рисунок 2.8– Схема створення ринку теплової енергії

На виконання Плану діяльності Уряду та Стратегії сталого розвитку «Україна – 2020», Держенергоефективності ініціювало створення Робочої групи з розробки пропозицій щодо розвитку конкурентного середовища у сфері виробництва теплової енергії.

Актуальність цієї ініціативи визначається необхідністю реформування сфери централізованого тепlopостачання для прискорення процесу заміщення природного газу іншими видами палива та енергії, зниження тарифів на тепло, оновлення виробничої інфраструктури та підвищення ефективності виробництва теплової енергії в централізованому тепlopостачанні.

Дана ініціатива стала логічним продовженням зусиль уряду щодо зменшення споживання природного газу та розвитку нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії, що також стане дієвою складовою виконання Україною зобов'язань з енергоефективності в контексті Директиви 2012/27/EU Європейського парламенту та ради від 25.10.2012 року «Про енергоефективність».

Робочою групою проведено вісім засідань. За результатами обговорень напрацьовано та прийнято за основу *Концепцію впровадження конкуренції в централізованому тепlopостачанні України*, розроблену Держенергоефективності спільно з Проектом USAID "Муніципальна енергетична реформа в

Україні" та експертним середовищем. На рисунку 2.9 зображено схему очікуваних результатів впровадження конкурентних умов у сфері виробництва.

Очікувані результати впровадження конкурентних умов у сфері виробництва теплової енергії:

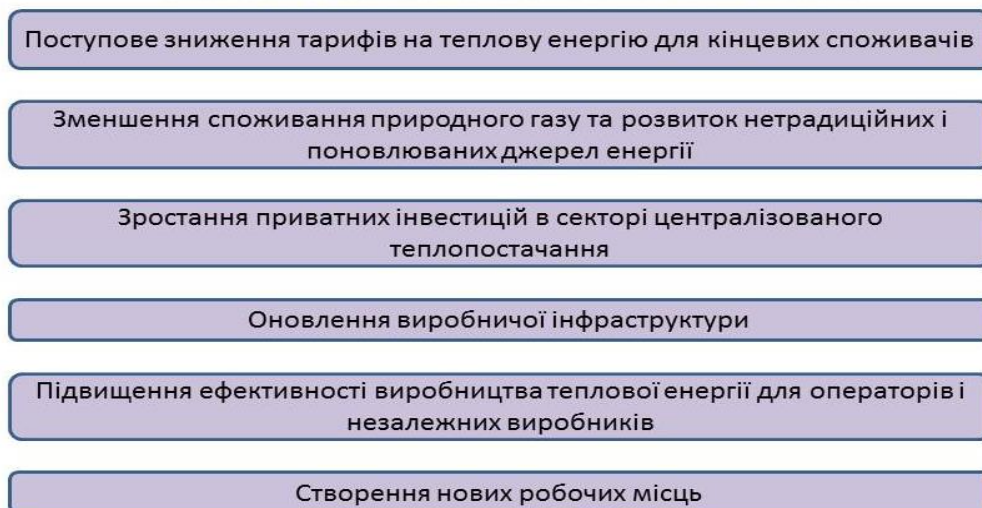


Рисунок 2.9 – Схема очікуваних результатів впровадження конкурентних умов у сфері виробництва

На сьогоднішній день постачальником теплової енергії для навчального корпусу №22 є КП «Київтеплоенерго».

2.8 Дослідження системи опалення

2.8.1 Загальні вимоги при реконструкції чи модернізації системи опалення

На сьогоднішній день існують певні норми та стандарти, які корегують функціонування систем, за для утримання їх на нормативному рівні ефективності. Нижче надається перелік (опис) заходів та правил, які повинні виконуватися при модернізації чи реконструкції системи опалення:

Опалювально-вентиляційне обладнання, повітропроводи, трубопроводи та теплоізоляційні конструкції повинні відповідати вимогам нормативних документів та Технічному регламенту.

При реконструкції, капітальному ремонті, термомодернізації або технічному переоснащенні виробничих підприємств, житлових, громадських та адміністративно-побутових будівель допускається застосовувати при технічному та економічному обґрунтуванні існуючі системи опалення та внутрішнього теплопостачання, вентиляції, повітряного опалення, кондиціонування та охолодження повітря або окремі їх елементи, якщо вони відповідають вимогам цих Норм.

Також системи повинні бути спроектовані з урахуванням вимог безпеки, що встановлені у документах органів державного нагляду, а також згідно з інструкціями підприємств – виробників обладнання, арматури та матеріалів, якщо вони не суперечать вимогам цих Норм.

Температуру теплоносія для систем опалення та внутрішнього теплопостачання, повітрянагрівачів припливних установок, кондиціонерів, повітротеплових завіс тощо лід приймати не менше ніж на 20 °С нижче за температуру самозаймання речовин, які знаходяться в приміщенні, і не більше максимально допустимої згідно з додатком А, а також не більше зазначеної в технічній документації на обладнання, арматуру та трубопроводи.

2.8.2 Модернізація системи опалення та ІТП

Модернізація системи опалення .

Система опалення будівлі однотрубна з верхньою розводкою, розділена на дві частини ліву та праву. Подача здійснюється двома внутрішніми трубопроводами до радіаторів верхньої розводки ДУ-133 потім теплоносії розділяється на дві частини трубами ДУ 89 та розподіляється по 53 стоякам з трубопроводами ДУ-32, на кожному поверсі встановлені радіаторні вузли з радіаторами М-140 з висотою секції 582 мм, шириною 96 мм, та глибиною 140 мм., та байпасними ділянками з трьох ходовими вентилями. Для обігріву сходових клітин використовуються ребристі труби, розташовані під сходами першого поверху.

Пропонується провести повну реконструкцію внутрішньої системи опалення, в рамках цього передбачається:

- 1) заміна однотрубною схеми на двотрубну;
- 2) заміна чавунних опалювальних приладів на сталеві панельні профільні компактні радіатори THERM X2 , PROFIL-K, тип FK0 22, висота $H = 500$ мм.
- 3) встановлення термостатичних регуляторів на радіаторах та автоматична балансувальна арматура на стояках системи опалення, що дозволить підтримувати необхідні температури по кожному окремому приміщенню.

Гідравлічне балансування системи опалення дозволить нормалізувати температури по приміщеннях будівлі, покращить санітарні умови перебування людей, а також дозволить зменшити перевитрати теплової енергії.

Пропонується виконати теплову ізоляцію трубопроводів та арматури системи опалення в неопалювальних приміщеннях будівлі ізоляційним матеріалом з одnobічним фольгуванням та самоклеючою основою. У таблиці 2.11 наведено існуючі показники системи опалення та показники після модернізації.

Таблиця 2.11 – Показники системи опалення корпусу до та після модернізації

| Показник | Існуючий стан | Після модернізації |
|---|----------------|--------------------|
| Розрахункове теплове навантаження на опалення | 1,043 Гкал/год | 0,365 Гкал/год |
| Розрахункове теплове навантаження на вентиляцію | 0,834 Гкал/год | 0,166 Гкал/год |

Застосування сучасної автоматики для автоматизації систем опалення та регулювання теплонадходжень у споживачів за рахунок використання терморегуляторів.

Енергоефективність роботи системи опалення саме офісних приміщень досягається, перш за все, шляхом мінімізації витрат тепла у вихідні дні та неробочі години. Адже, як свідчить загальносвітова практика, зниження темпе-

ратури повітря в опалюваному приміщенні всього на 1 °С призводить до зниження споживання теплової енергії на 6-9%. Втім, мінімізувати температуру також необхідно грамотно, адже якщо переохолодити приміщення, то згодом його прогрівання потребуватиме великої кількості енергії. За рахунок застосування сучасних терморегуляторів на батареях можна заощадити 15-25% теплової енергії, використання балансувальних клапанів та по фасадне регулювання дозволить ще додатково скоротити витрати теплоти на 8-10%. Зважаючи на орієнтацію навчального корпусу №22 (Пд-Пн) по фасадне регулювання матиме значний ефект економії теплоти.

2.8.3 Визначення економічної ефективності від модернізації системи опалення навчального корпусу № 22

Вартість капіталовкладень $K = 3\,408\,001,0$ тис. грн.

Тариф на теплову енергію:

- існуючий - 1822,40 грн/Гкал з ПДВ

Теплове навантаження системи опалення після проведення заходів з термомодернізації -0,365 Гкал/год.

Економія споживання теплоти за умови застосування автоматизації систем опалення та регулювання теплонадходжень у споживачів за рахунок використання терморегуляторів складає від 23% до 35%. Для розрахунку економічної ефективності модернізації системи опалення приймаємо 30% економії річного споживання теплоти.

Річна витрата теплоти на потреби опалення:

$$Q_o^{p\dot{u}c.} = 24 \cdot Q_o \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о.}}{t_{вн} - t_{р.о.}} \cdot n_o = 24 \cdot 0,365 \cdot \frac{20 - (-0.1)}{20 - (-22)} \cdot 179 = 750,42 \text{ Гкал / рік,}$$

24- час роботи системи опалення протягом доби, год;

Q_o - максимальна витрата теплоти на опалення після проведення заходів з термомодернізації з урахуванням втрат в тепломережах, Гкал/год;

$t_{по}$ - опалювальний період, днів;

$t_{вн}$ - розрахункова температура повітря в опалювальних приміщеннях °С,

$t_{ср.о.}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С;

$t_{р.о.}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, °С.

Річна економія теплоти у розмірі 30% складе:

$$Q_{ек}^{річ} = \frac{30 \cdot Q_o^{річ}}{100} = \frac{30 \cdot 687,65}{100} = 209,295 \text{ Гкал / рік}$$

Економія коштів на паливо для виробництва теплоти становитиме:

$$Ц = Q_{ек}^{річ} \cdot S = 209,295 \cdot 1822,4 = 381419,21 \text{ грн / рік}$$

Простий термін окупності

$$T = \frac{K}{Ц} = \frac{3408001}{381419,21} = 8,9 \text{ років}$$

2.9 Модернізація індивідуального тепlopункту

Джерелом тепlopостачання навчального корпусу №22 КПІ ім. Ігоря Сікорського є міська тепलोмережа від місця приєднання до ввідної засувки корпусу, ДУ 100 довжиною 8 метрів. Система опалення підключається до теплових мереж через пластинчастий теплообмінник (Технічні умови АЕК «Київенерго» на реконструкцію системи тепlopостачання навчального корпусу №22 - ТУ №07/176 від 16.02.1999), облік споживання теплової енергії виконується в існуючому тепlopункті корпусу, що знаходиться в правій частині будинку на першому поверсі. В тепlopункті встановлені манометри, термометри, та інші засоби обліку. Розрахунковий температурний графік подачі теплоносія – $T_1/T_2=150/70^\circ\text{C}$.

В навчальному корпусі в 2000 році була проведена реконструкція системи опалення з залежної на незалежну та модернізація теплового пункту, за ра-

хунок гранту датського фонду. Метою такої модернізації було впровадження системи регулювання споживання теплової енергії на опалення за рахунок відокремлення системи опалення від централізованої мережі через пластинчастий теплообмінник.

Зміни в системі опалення передбачали заміну залежної системи опалення на незалежну одноконтурну радіаторну систему водяного опалення з верхнім розведенням. З метою балансування стояків, та рівномірного розподілу теплоносія по системі встановлено регулюючий вентиль, що змінює опір стояків.

У таблицях 2.12 – 2.15 наведена специфікація обладнання будівлі:

Таблиця 2.12 – Специфікація обладнання (1)

| Назва | Тип | К-ть |
|---|------------|------|
| Автоматика та КВП | | |
| Контролер HERZ для ІТП, 4-О, 2-ГВП, Ethernet IP, Modbus, 230 В, дисплей | XF-5000 | 1 |
| Трансформатор 30 Вт, АС24 В, запобіжник | | 1 |
| Датчик Т зовнішній, Pt1000, -50 +50°C, 900 с | F779360 | 1 |
| Датчик Т погрузний, Pt 1000, PN25, 140°C, 2 с, мідь | F779341 | 2 |
| Датчик Т погрузний, Pt 1000, PN25, 140°C, 2 с, мідь | F779341 | 2 |
| Датчик Т погрузний, Pt 1000, PN25, 140°C, 2 с, мідь | F779342 | 1 |
| Реле тиску -0,2-8 бар, насос T21 | KPI 35 | 1 |
| Реле тиску -0,2-8 бар, насос T4 | KPI 35 | 1 |
| Датчик тиску P10 (16), 4...20мА, підживлення | MBS 1900 | 1 |
| Манометр, 0,6 МПа, 150°C, кл. 1,0 | ДМ05100(М) | 7 |
| Кран ВВб, спуск PN40, 110 °C | 1240211 | 7 |
| Кран кульовий ВР-ВР, PN=25. EN 12420., 1/2". | 7602 | 7 |
| Манометр, 0,6 МПа, 150°C, кл. 1,0 | ДМ05100(М) | 7 |
| Кран ВВб, спуск PN40, 110 °C | 1240211 | 7 |
| Термометр, 1,6 МПа, 120°C, кл. 1 | СП-В | 7 |
| Повітрівідвід., 1,2 МПа, Herz | 1263001 | 4 |
| Клапан зворот. для ПВ Herz у к-т | | 4 |
| Кран ВВб, спуск PN40, 110 °C | 1240211 | 9 |
| Шафа з ел.лічильником | NIK 2303 | 1 |
| Шафа компонентів автоматики та ел.приєднання | | 1 |

Таблиця 2.13 – Специфікація обладнання (2)

| Ввід | | |
|---|-------------|---|
| Кран куль., прив., PN25, 180°C | JiP-WW | 1 |
| Фільтр- грязьовик з фланцевим підключенням DN 100 | 4411183 | 1 |
| Відмулювач магн, фланц. PN16, 150 °C | MOB 300-100 | 1 |
| Регулятор ΔР, F4007 (фланцевий) | F4007 | 1 |
| Патрубки різьбові, к-т | ALG502 | 1 |
| Кран куль., прив., PN25, 180°C | JiP-WW | 1 |

Таблиця 2.14 – Специфікація обладнання (3)

| Первинний контур опалення | | |
|--|---------|---|
| Кран кульовий, прив., PN25, 180°C | JiP-WW | 1 |
| HERZ-двоходовий клапан. Діапазон температур 5-140 °C, PN 16. DN 65. kvs 63 | F403547 | 1 |
| Електропривод 3 поз., 230 В | F771282 | 1 |
| Теплообмінник розбірний Funke | FP22 | 1 |
| Кран кульовий, прив., PN25, 180°C | JiP-WW | 1 |

Таблиця 2.15 – Специфікація обладнання (4)

| Вторинний контур опалення | | |
|---|------------------|---|
| Бак розширювальний PN6, 99 °C | Cal Pro | 1 |
| Кран кульовий ВР-ВР, PN=25. EN 12420., 1". | 1220123 | 1 |
| Кульовий кран зі штуцером для шлангу та заглушкою 1/2 | 7756 | 1 |
| Вібровставка, фланц., PN16, 95°C | | 2 |
| Кран кульовий, прив., PN25, 180°C | JiP-WW | 2 |
| Фільтр- грязьовик з фланцевим підключенням DN 100 | 4411183 | 2 |
| Кран кульовий, прив., PN25, 180°C | JiP-WW | 2 |
| Насос опалення $\leq 0,23$, 230 В, 1250 Вт, PN 10 | Yonos MAXO | 2 |
| Зворотний клапан, м.фл., PN16, 110°C | 635E | 2 |
| Кран кульовий, прив., PN25, 180°C | JiP-WW | 1 |
| Вібровставка, фланц., PN16, 95°C | | 2 |
| Кран кульовий, прив., PN25, 180°C | JiP-WW | 1 |
| Запобіжний клапан рег. PN16, 120 °C | VT.1831 .N.06 | 2 |

В приміщенні теплового пункту, після реконструкції, встановлений окремий теплообмінний модуль, що відокремлює центральні теплові мережі від опалювальної мережі корпусу. Приєднання теплових мереж до теплового модуля відбувається через перше приміщення теплового пункту по трубах що підводяться по лотковому каналу. Первинний вузол комерційного обліку встановлений перед теплообмінним модулем, вторинний вузол обліку встановлений на трубах, що підключені до повітряної завіси. На вводі встановлена дросельна шайба, яка обмежує витрату теплоносія до 13038 кг/год. Для відокремлення від підвідних трубопроводів встановлені запірні вентилі.

У Додатку 1 наведена конструктивна схема ІТП.

Не зважаючи на проведену реконструкцію теплового пункту, стан системи опалення не задовільний: в деяких кімнатах радіатори закриті облицювальними матеріалами; більшість терморегуляторів зламані; система опалення засмічена; система регулювання циркуляційних насосів не функціонує; система

регулювання системи опалення від температури зовнішнього повітря не функціонує; теплообмінний модуль потребує очищення; фільтри грубої очистки не промивалися з моменту встановлення обладнання, можуть викликати засмічення системи.

Тобто, система опалення та теплообмінник, встановлений у теплопункті корпусу, потребують чищення та регулювання (збільшення циркуляції). Це також впливає на внутрішню температуру в приміщеннях, оскільки не забезпечується належний тепловий з поверхні опалювальних приладів системи опалення та обладнання теплопункту.

Через значний строк експлуатації частина складових теплопункту вийшла з ладу, що не дозволяє проводити ефективне регулювання теплоспоживання та призводить до перевитрат теплової енергії.

В теплопункті обладнання встановлене із забезпеченням нормативних експлуатаційних та евакуаційних проходів, двері відкриваються за напрямком руху людей назовні.

Приміщення теплового пункту забезпечено освітленням.

В теплопункті всі гарячі частини обладнання, трубопроводи та інші елементи, дотик до яких може викликати опіки, ізольовані. Зливні трубопроводи пофарбовано масляною фарбою. Ізоляція існуючих трубопроводів складається з трьох шарів: антикорозійного, теплоізоляційного та покрівельного. Стан ізоляційно-покрівельних конструкцій частково незадовільний і потребує відновлення на трубопроводах Ду 32, Ду 40, Ду 50.

Метою виконання робіт з модернізації ІТП навчального корпусу №22 є забезпечення економії енергетичних ресурсів на об'єкті шляхом відновлення працездатності автоматики ІТП, постійного контролю за параметрами роботи ІТП, вузлами обліку енергоресурсів та води, а також температури всередині приміщень корпусу.

Пропонується розглянути наступні рішення, які дадуть можливість виконання налаштування індивідуального теплового пункту та системи опалення для забезпечення мінімально необхідного споживання енергоресурсів, а саме:..

- цілодобовий контроль за роботою та показниками всіх вузлів обліку водо-, теплопостачання, датчиків температури з передачею даних на центральну диспетчерську;

- цілодобовий контроль за роботою датчиків аварій, несанкціонованого доступу, внутрішньої температури будівлі;

- можливість опитувати кожний із зазначених вузлів обліку по запиту в режимі реального часу і за розкладом, визначеним диспетчером, спостерігати отриману інформацію за допомогою персонального комп'ютера та мобільних пристроїв, підключених до мережі Internet та роздруковувати її;

- вимірювання і реєстрація температури і витрат теплоносія в прямому і зворотному трубопроводі тепломережі;

- вимірювання і реєстрація температури всередині приміщень будівлі.

У Додатку 2 наведена схема Індивідуального теплового пункту (модулі опалення та вентиляції) на базі регуляторів перепаду тиску та регулятора температури.

2.9.1 Визначення економічної ефективності модернізації ІТП

Вартість капіталовкладень $K = 664\,433,0$ грн.

Тариф на теплову енергію:

- існуючий - 1822,40грн/Гкал з ПДВ.

Нормативна величина економічної ефективності – не менше 0,15.

Економія споживання теплоти за умови застосування засобів автоматизації, контролю, регулювання, обліку та диспетчеризації технологічного процесу теплопостачання об'єкту складає від 7% до 15%.

Для розрахунку економічної ефективності модернізації ІТП приймаємо 15% економії річного споживання теплоти.

Річна витрата теплоти на потреби опалення:

$$Q_o^{p_{ic}} = 24 \cdot Q_o \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о.}}{t_{вн} - t_{р.о.}} \cdot n_o = 24 \cdot 0,365 \cdot \frac{20 - (-0.1)}{20 - (-22)} \cdot 179 = 750,42 \text{ Гкал / рік,}$$

24- час роботи системи опалення протягом доби, год;

Q_o - максимальна витрата теплоти на опалення після проведення заходів з термомодернізації з урахуванням втрат втепломережах, Гкал/год;

n_o - опалювальний період, днів;

$t_{вн}$ - розрахункова температура повітря в опалювальних приміщеннях °С,

$t_{ср.о.}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С;

$t_{р.о.}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, °С.

Річна економія теплоти у розмірі 15% складе:

$$Q_{ек}^{річ} = \frac{15 \cdot Q_o^{річ}}{100} = \frac{15 \cdot 697,65}{100} = 104,65 \text{ Гкал / рік}$$

Економія коштів на паливо для виробництва теплоти становитиме:

$$Ц = Q_{ек}^{річ} \cdot S = 104,65 \cdot 1822,4 = 190714,16 \text{ грн / рік}$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{K}{Ц} = \frac{664433}{190714,16} = 3,5 \text{ років}$$

2.10 Дослідження системи вентиляції

2.10.1 Загальні вимоги при реконструкції чи модернізації системи вентиляції

При реконструкції, капітальному ремонті, термомодернізації або технічному переоснащенні виробничих підприємств, житлових, громадських та адміністративно-побутових будівель допускається застосовувати при технічному та економічному обґрунтуванні існуючі системи опалення та внутрішнього теплопостачання, вентиляції, повітряного опалення, кондиціонування та охолодження повітря або окремі їх елементи, якщо вони відповідають вимогам.

При проектуванні та будівництві систем опалення та внутрішнього теплопостачання, вентиляції, повітряного опалення, кондиціонування й охоло-

дження повітря для виконання вимог безпечної експлуатації слід передбачати наступне.

Системи необхідно проектувати з урахуванням вимог безпеки, що встановлені у документах органів державного нагляду, а також згідно з інструкціями підприємств – виробників обладнання, арматури та матеріалів, якщо вони не суперечать вимогам.

Опалювально-вентиляційне обладнання трубопроводів та повітроводів у приміщеннях з корозійно-активним середовищем, а також обладнання, призначене для видалення повітря з корозійно-активного середовища, слід передбачати із антикорозійного матеріалу або із захисним покриттям від корозії. Для антикорозійного захисту повітроводів допускається їх фарбувати горючими матеріалами завтовшки не більше ніж 0,2 мм, окрім повітроводів з нормованим класом вогнестійкості.

Інжинірінг системи вентиляції .

Наразі системи припливно-витяжної вентиляції усіх без винятку навчальних корпусів КПП ім. Ігоря Сікорського в тому числі й навчального корпусу №22 не функціонують, що призводить до недотримання комфортних умов у приміщеннях. Після проведення заходів з термомодернізації будівель гостро постає питання забезпечення нормативного повітрообміну приміщень (через зниження повітропроникності непрозорих огорожень та інфільтрації через світлопрозорі огороження) й відновлення роботи припливної вентиляції.

Систему вентиляції приміщень навчального корпусу пропонується запроектувати припливно-витяжною (ПВ) комбінованою з примусовим та природним спонуканням (згідно пункту 4.16 [17]). Енергоефективні системи вентиляції за допомогою рекуперації тепла дозволяють значно скоротити витрати на енергоносії при цьому заощаджувати кошти в процесі експлуатації. Також передбачене встановлення повітряно-теплової завіси при вході до будівлі, що зменшить потрапляння холодного повітря при відкриванні дверей у холодну пору року.

Системи кондиціонування та вентиляції в навчальних закладах проектується відповідно до [17]. Розрахункову температуру повітря для проектування опалення та вимоги щодо повітрообміну приміщень згідно до [17] становлять 20 оС та 20м³/год на 1 людину відповідно.

Згідно [18] для запобігання розповсюдження диму на поверхи будинку необхідно передбачити наступні заходи: на повітроводах, які перетинають протипожежні перешкоди встановлюються вогнезатримуючі клапани з електроприводом. При виникненні пожежі всі припливні та витяжні системи та системи ПВ зупиняються. Всі протипожежні вогнезатримуючі клапани з електроприводом, які встановлені на повітроводах закриваються. Вмикання засобів протидимового захисту здійснюється від теплових датчиків та від кнопок, які встановлені на кожному поверсі біля пожежних кранів.

Концептуальне рішення по модернізації системи вентиляції передбачає використання припливно-витяжних установок з рекуперацією тепла фірми

Systemair TA з пластинчатим рекуператором підвісного типу продуктивністю від 250 до 15000 м³/год, з електричним підігрівом повітря.

Тамбур головного входу до будівлі обладнується повітряно-тепловою завісою з водяним обігрівом та термостатом.

Установка ПВ монтується до перекриття на віброізоляторах за підвісною стелею. Для зниження вібраційного навантаження на систему вентиляції до і після установки встановлюються гнучкі віброгасильні вставки. Повітроводи видалення повітря після установок ПВ ізолюються.

Окремі примусові системи видалення повітря проектується з санітарних вузлів, приміщення ІТП.

Витяжні системи від приміщень туалетів здійснюється по повітропроводах з оцинкованої сталі класу П.

Повітропроводи, які прокладені у технічному підпіллі та на горищі теплоізолюються.

Припливно-витяжні установок з рекуперацією тепла прийняті до використання у проекті забезпечують:

- ефективний повітрообмін;
- компактні розміри;
- ефективність рекуперації до 60%;
- оптимальну вартість;
- простоту для користувача, функціональну автоматику.

Нижче наведено характеристики вентиляційної установки:

- 14 типорозмірів
- Витрата повітря 250-15000 м³/ч
- Мала висота корпусу
- Вбудована система автоматики
- Регулювання швидкості
- Підключення витяжного вентилятора (ТА 450-4500)

2.10.2 Визначення економічної ефективності від модернізації системи вентиляції навчального корпусу № 22

Ефективність даного заходу перш за все визначається соціальним ефектом, оскільки наразі система припливно-витяжної вентиляції у корпусі не функціонує, що не забезпечує нормативний рівень санітарно-гігієнічних вимог у приміщеннях. Після проведення заходів з термомодернізації ситуація ще більше погіршиться, оскільки зменшиться повітропроникність огорожень і відсутність належного повітрообміну приміщень призведе до ймовірного утворення плісняви та грибка на огороження, підвищення рівня CO₂ у навчальних приміщеннях, що негативно впливатиме на здоров'я та успішність студентів.

Вартість капіталовкладень $K=8\,951\,434,0$ тис. грн.

Тариф на теплову енергію:

існуючий - 1822,40 грн/Гкал з ПДВ.

Теплове навантаження системи вентиляції до модернізації (згідно проекту будівництва) -0,834 Гкал/год.

Загальна проектна потужність калориферів по теплоносію після модернізації - 0,166 Гкал/год.

Різниця в тепловому навантаженні систем вентиляції $0,834 - 0,166 = 0,668$ Гкал/год.

Річна економія витрати теплоти на потреби вентиляції:

$$Q_{\text{в}}^{\text{річ.ек.}} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.в.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.в.}}} \cdot n_o \cdot n_{\text{в}} = 0,668 \cdot \frac{20 - (-0.1)}{20 - (-22)} \cdot 179 \cdot 16 = 915,58 \text{ Гкал / рік},$$

де: $n_{\text{в}}$ - тривалість роботи системи вентиляції за добу (приймають $n_{\text{в}} = 16$ год.).

Економія коштів становитиме:

$$Ц = Q_{\text{вен.}}^{\text{річ.екон.}} \cdot S = 915,58 \cdot 1822,4 = 1668549,06 \text{ грн / рік}$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{K}{Ц} = \frac{8951434}{1668549,06} = 5,4 \text{ років}$$

2.11 Дослідження системи електропостачання

2.11.1. Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії

Система електропостачання.

Корпус споживає електроенергію від ГПП “Політехнічна” через ТП 3643, що розташована за корпусом. В ТП 3643 знаходяться два трансформатори ТМ 630/10. Кожний трансформатор живить одну секцію корпусу. Щитова корпусу знаходиться на першому поверсі. В ній розташовані шафи розподілу електроенергії. Перша секція розташована у щитовій праворуч (живить силове обладнання корпусу), друга - ліворуч (освітлювальне обладнання). Секція 1 складається з 11 силових шаф, в т.ч. введів трансформаторів 1, 2 та секційної панелі. Друга секція має в своєму складі 7 силових шаф, в т.ч. вводи трансформаторів 1, 2 та секційну панель. Кожна з комірок має певну кількість фідерів, що відповідають за наявність електроенергії на відповідних щитах, які

розподілянь живлення по аудиторіях. В схемі електропостачання використані кабелі таких типів: ААВГ 4х95, АВВГ 3х185+1х50, АСБ 3х185.

При проведенні енергетичного аудиту був складений перелік споживачів електроенергії по кожному приміщенню, за цими даними було проведено розрахунок електричного балансу.

Розрахункове споживання електричної енергії по кожній з кафедрі приведене на рисунку 2.10.

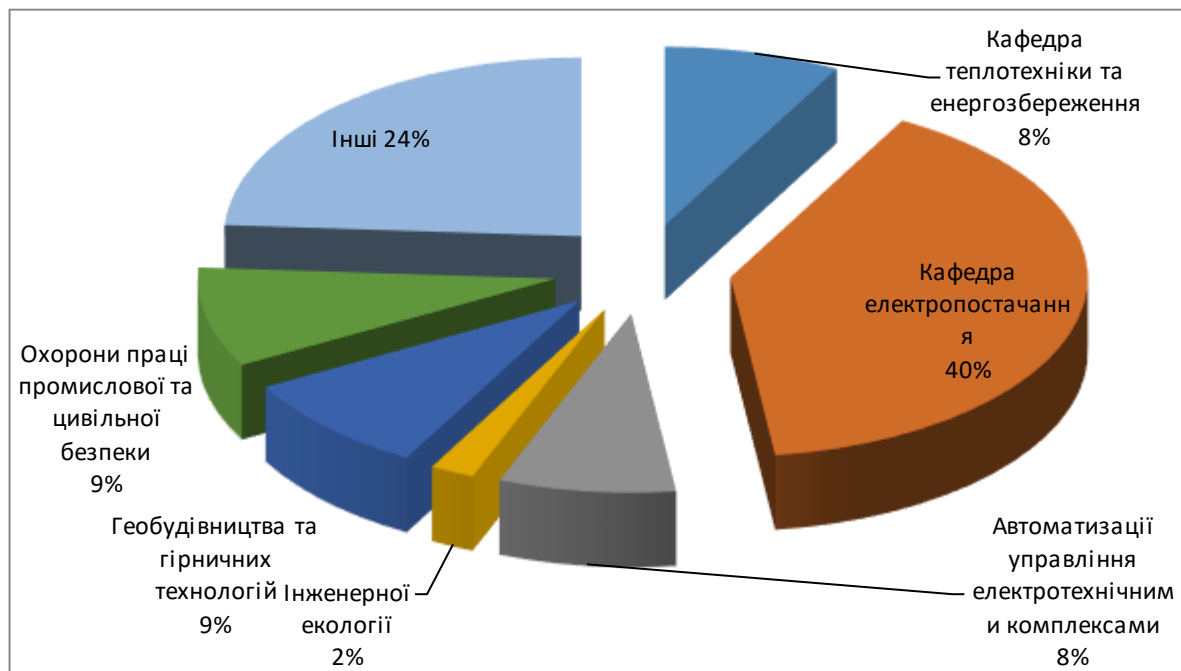


Рисунок 2.10 – Розрахункове споживання електричної енергії по кожній з кафедрі

При аналізі споживання електроенергії будемо розглядати графіки споживання електроенергії за останні роки, і результати приладного обстеження режимів електроспоживання корпусу. Також дані з електроспоживання корпусу були отримані від АСКОЕКП ім. Ігоря Сікорського, сегмент якої встановлено на ТП 3643.

Дослідивши споживання електричної енергії кожної окремо взятої кафедри за видами площ, видно що електроспоживання залежить від кількості викладацького та студентського складу, тобто від кількості і специфіки різнотипних аудиторій кожної з кафедр, так на кафедрах теплотехніки та енергозбере-

ження і електропостачання найбільша частка споживання у навчальних приміщеннях, на кафедрах: АУЕК, гірничих технологій та охорони праці - лабораторії, а по кафедрі інженерної екології - адміністративні приміщення.

За результатами вимірювань електроспоживання будівлі коливання напруги на загальному вводі знаходиться в межах, що допускаються нормативною документацією. Графік споживання електричного струму відповідає характеру роботи будівлі, в робочі дні споживання максимальне, вночі і вихідні дні мінімальне. Недоліком може бути не дуже добра симетрія навантажень за фазами (різниця у струмах між фазами А та С дорівнює 20 А), виправлення цього недоліку приведе до розвантаження кабельних ліній, зменшення втрат і полегшення режиму роботи обладнання. Графік споживання активної потужності відповідає формі графіку офісного навантаження, вдень споживання максимальне, вночі і вихідних мінімальне. Різницю у споживанні електроенергії можна пояснити низькою температурою зовнішнього середовища і включенням обігрівачів. Характер споживання реактивної потужності відповідає характеру споживання активної. Споживачами реактивної потужності в будівлі можуть бути блоки живлення комп'ютерної техніки, баласты люмінесцентних ламп. Величина коефіцієнта активної потужності, в середньому 0,95, що для офісних споживачів є задовільним. Згідно з показами АСКОВЕ, що встановлена на ТП-3643 форма графіку 30- хвилинної потужності має вигляд споживача - адміністративної будівлі. Максимум споживання вдень, мінімальне споживання вночі та в вихідні і неробочі дні.

2.11.2. Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання

Електрична енергія витрачається на освітлення приміщень, різноманітне побутове електричне тощо.

Проаналізуємо споживання електричної енергії електрообладнанням, яке знаходиться в будівлі.

Загальне електроспоживання електричними приладами в кВт·год/міс знаходитимемо за формулою:

$$W_{\Sigma} = N \cdot P_{\text{одн.}} \cdot K_{\text{в}} \cdot \tau \cdot 10^{-3},$$

де N – кількість одиниць обладнання з однаковою встановленою потужністю, шт.;

$P_{\text{одн.}}$ – встановлена потужність одиниці обладнання, Вт;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання;

τ – тривалість роботи обладнання, год/міс.

Всі значення потужності, які використовуються у розрахунках, є фактичними та отриманими в результаті практичного збору даних по електрообладнанню, що знаходиться в будівлі.

Інформацію про споживачів електричної енергії зведемо до таблиці 2.16 та у вигляді діаграми на рисунку 2.11.

Таблиця 2.16 – Споживачі електричної енергії корпусу №22 КПІ ім І. Сікорського

| Найменування обладнання | Встановлена потуж- ність (Рвст., кВт) | Кількість обладнан- ня, шт. | Загальна встановлена потужність, (Рвст., кВт) | Коефіцієнт викорис- тання, Кв | Середня потужність облад. (Рсер., кВт) | Тривалість роботи, год/міс | Загальне енергоспо- живання, кВт |
|----------------------------|--|--------------------------------|---|----------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| Лампи розжарювання | | | | | | | |
| Тип1 – 100 Вт | 0,1 | 11 | 1,1 | 1 | 1,1 | 6 | 138,6 |
| Тип2 – 70 Вт | 0,07 | 8 | 0,56 | 1 | 0,56 | 6 | 70,56 |
| Тип3 – 60Вт | 0,06 | 9 | 0,54 | 1 | 0,54 | 6 | 68,04 |

Продовження таблиці 2.16

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------|-------|------|-------|------|-------|---|-------|
| Тип4 – 40 Вт | 0,04 | 6 | 0,24 | 1 | 0,24 | 6 | 30,24 |
| Люмінесцентні лампи | | | | | | | |
| Тип1 – 20 Вт | 0,02 | 998 | 19,96 | 1 | 19,96 | 6 | 2515 |
| Тип2 – 40Вт | 0,04 | 1265 | 50,6 | 1 | 50,6 | 6 | 6376 |
| Тип3 – 80 Вт | 0,08 | 18 | 1,44 | 1 | 1,44 | 6 | 181,4 |
| Тип4 – 36 Вт | 0,036 | 60 | 2,16 | 1 | 2,16 | 6 | 272,2 |
| Всього(л.р. + люм.) | | | | | | | 9652 |
| Монітори (тип1) | 0,06 | 69 | 4,14 | 0,8 | 3,312 | 7 | 486,9 |
| Монітори (тип2) | 0,03 | 130 | 3,9 | 0,8 | 3,12 | 7 | 458,6 |
| Сист. блок | 0,1 | 196 | 19,6 | 0,75 | 14,7 | 7 | 2161 |
| Принтер (тип1) | 0,4 | 26 | 10,4 | 0,6 | 6,24 | 1 | 131 |
| Принтер (тип2) | 0,25 | 2 | 0,5 | 0,6 | 0,3 | 1 | 6,3 |
| Коп. прила- ди(тип1) | 0,125 | 1 | 0,125 | 0,6 | 0,075 | 1 | 1,575 |
| Коп. прила- ди(тип2) | 0,04 | 1 | 0,04 | 0,6 | 0,024 | 1 | 0,504 |
| Коп. прила- ди(тип3) | 0,6 | 1 | 0,6 | 0,6 | 0,36 | 1 | 7,56 |
| Інше | 0,24 | 1 | 0,24 | 0,8 | 0,192 | 4 | 16,13 |
| Всього | | | | | | | 3270 |
| Чай- ник(тип1) | 2,2 | 6 | 13,2 | 1 | 13,2 | 1 | 277,2 |
| Чайник(тип) | 1 | 8 | 8 | 1 | 8 | 1 | 168 |

Продовження таблиці 2.16

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------|------|---|------|------|-------|----|-------|
| Чай-ник(тип1) | 0,06 | 2 | 0,12 | 1 | 0,12 | 1 | 2,52 |
| Холодиль-ник(тип1) | 0,3 | 2 | 0,6 | 0,8 | 0,48 | 24 | 241,9 |
| Холодиль-ник(тип2) | 0,1 | 7 | 0,7 | 0,8 | 0,56 | 24 | 282,2 |
| Cooler води | 0,02 | 1 | 0,02 | 0,8 | 0,016 | 4 | 1,344 |
| ВНЧ піч(тип1) | 2 | 2 | 4 | 0,9 | 3,6 | 6 | 453,6 |
| ВНЧ(тип2) | 0,7 | 4 | 2,8 | 0,9 | 2,52 | 6 | 317,5 |
| Інше | 3 | 3 | 9 | 0,9 | 8,1 | 3 | 510,3 |
| Всього | | | | | | | 2255 |
| Нагрівач по-вітря (тип1) | 1,5 | 6 | 6 | 0,9 | 5,4 | 6 | 680,4 |
| Нагрівач по-вітря (тип2) | 1 | 5 | 16 | 0,9 | 14,4 | 5 | 1512 |
| Вентилятор | 0,04 | 4 | 0,28 | 0,75 | 0,21 | 4 | 17,64 |
| Кондиціонер | 0,75 | 2 | 1,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 50,4 |
| Інше | 0,8 | 2 | 0,8 | 0,85 | 0,68 | 2 | 28,56 |
| Всього | | | | | | | 2289 |
| Лаборатор-ний стенд (тип1) | 10 | 5 | 20 | 0,8 | 16 | 5 | 1680 |
| Лаборатор-ний стенд (тип 2) | 1,2 | 2 | 7,2 | 0,8 | 5,76 | 2 | 241,9 |
| Лаб.стенд (тип3) | 0,01 | 1 | 0,14 | 0,8 | 0,112 | 1 | 2,352 |

Продовження таблиці 2.16

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------|------|---|------|-----|-------|---|-------|
| Лабораторний стенд (тип 4) | 2,2 | 3 | 4,4 | 0,8 | 3,52 | 3 | 221,8 |
| Лабораторний стенд (тип 5) | 1 | 5 | 6 | 0,8 | 4,8 | 5 | 504 |
| Лабораторний стенд (тип 6) | 0,1 | 2 | 0,3 | 0,8 | 0,24 | 2 | 10,08 |
| Лабораторний стенд (тип 7) | 0,2 | 5 | 2 | 0,8 | 1,6 | 5 | 168 |
| Лабораторний стенд (тип 8) | 0,6 | 1 | 1,2 | 0,8 | 0,96 | 1 | 20,16 |
| Лабораторний стенд (тип 9) | 0,08 | 3 | 0,32 | 0,8 | 0,256 | 3 | 16,13 |
| Лабораторний стенд (тип 10) | 6 | 5 | 36 | 0,8 | 28,8 | 5 | 3024 |
| Лабораторний стенд (тип 11) | 0,5 | 4 | 6,5 | 0,8 | 5,2 | 4 | 436,8 |
| Лабораторний стенд (тип 12) | 3 | 4 | 24 | 0,8 | 19,2 | 4 | 1613 |
| Лабораторний стенд (тип 13) | 0,7 | 5 | 4,9 | 0,8 | 3,92 | 5 | 411,6 |
| Лаб. стенд (тип 14) | 2,3 | 5 | 4,6 | 0,8 | 3,68 | 5 | 386,4 |

Продовження таблиці 2.16

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------|------|---|------|-----|------|---|-------|
| Лабораторний стенд (тип 15) | 1,8 | 3 | 3,6 | 0,8 | 2,88 | 3 | 181,4 |
| Лабораторний стенд (тип 16) | 1,6 | 5 | 8 | 0,8 | 6,4 | 5 | 672 |
| Лабораторний стенд (тип 17) | 2,5 | 3 | 5 | 0,8 | 4 | 3 | 252 |
| Лабораторний стенд (тип 18) | 3,9 | 5 | 7,8 | 0,8 | 6,24 | 5 | 655,2 |
| Лабораторний стенд (тип 19) | 4,2 | 4 | 8,4 | 0,8 | 6,72 | 4 | 564,5 |
| Лабораторний стенд (тип 20) | 0,8 | 1 | 0,8 | 0,8 | 0,64 | 1 | 13,44 |
| Лабораторний стенд (тип 21) | 0,02 | 2 | 0,2 | 0,8 | 0,16 | 2 | 6,72 |
| Лабораторний стенд (тип 22) | 0,75 | 5 | 2,25 | 0,8 | 1,8 | 5 | 189 |
| Лабораторний стенд (тип 23) | 2 | 2 | 2 | 0,8 | 1,6 | 2 | 67,2 |
| Лабораторний стенд (тип 24) | 14 | 2 | 14 | 0,8 | 11,2 | 2 | 470,4 |

Продовження таблиці 2.16

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------|------|---|---|-----|-----|---|-------|
| Лабораторний стенд (тип 25) | 0,05 | 3 | 1 | 0,8 | 0,8 | 3 | 50,4 |
| Всього | | | | | | | 11858 |

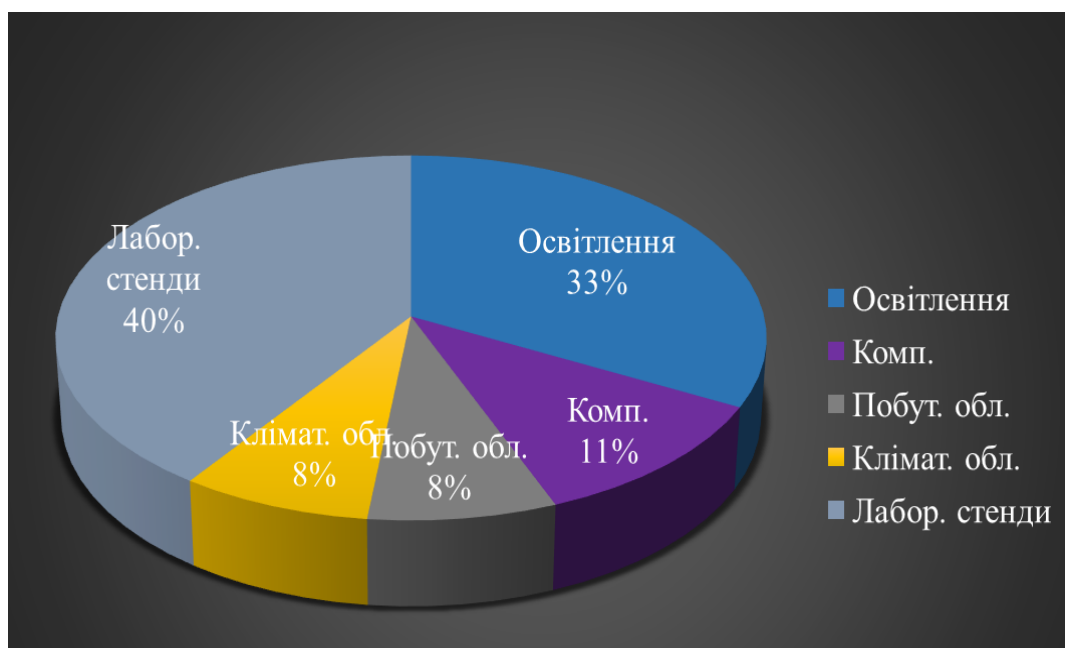


Рисунок 2.11 – Частка споживання електричної енергії обладнання корпусу

Розглянувши розподіл електричної енергії між основним обладнанням корпусу №22 КПІ ім. Ігоря Сікорського наглядно видно, що найбільша частина електричної енергії витрачається на освітлення та лабораторні стенди.

Розрахунок навантаження об'єкту.

Розрахуємо навантаження споживачів корпусу №22 КПІ ім. Ігоря Сікорського, розрахунок проводиться згідно [19].

Для прикладу розглянемо групу холодильників.

Визначення сумарного активного навантаження обладнання за формулою:

$$P_{\text{сум.н.}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{н.і}} \cdot n_i ,$$

де $P_{\text{н}}$ – навантаження обладнання, кВт;

n – кількість обладнання, шт.

$$P_{\text{сум.н.}} = 0,1 \cdot 7 = 0,7 \text{ кВт}.$$

Визначення проміжної активної потужності за формулою:

$$P_{\text{пр.}} = P_{\text{сум.н.}} \cdot K_{\text{в.}},$$

$$P_{\text{пр.}} = 0,7 \cdot 0,8 = 0,56 \text{ кВт}.$$

Визначення проміжної реактивну потужності за формулою:

$$Q_{\text{пр.}} = P_{\text{пр.}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (2.8)$$

де $\text{tg}\varphi$ – довідкове значення коефіцієнта реактивної потужності відповідно до [20].

$$Q_{\text{пр.}} = 0,56 \cdot 1,168 = 0,654 \text{ квар.}$$

Аналогічно розраховуємо для інших видів електроприймачів та знаходимо значення середньої потужності.

Визначаємо груповий коефіцієнт використання встановленої потужності за формулою:

$$K_{\text{в}} = \frac{\sum P_{\text{пр.}}}{\sum P_{\text{н.}\Sigma i}},$$

$$K_{\text{в}} = \frac{35,24}{38,44} = 0,917.$$

Серед усіх споживачів знаходимо з максимальною та мінімальною потужностями та визначаємо співвідношення:

$$m = \frac{P_{\text{н.і.макс}}}{P_{\text{н.і.мін}}},$$

де $P_{\text{н.і.макс}}$ – найбільше значення номінальної потужності одного ЕП, кВт,

$P_{\text{н.і.мін}}$ – найменше значення номінальної потужності одного ЕП, кВт.

$$m = \frac{3}{0,2} = 150.$$

Так як $m > 3$, а кількість споживачів більше десяти, то знайдемо ефективне число електроприймачів, шт., за формулою:

$$n_{p.e} = \frac{2 \cdot \sum P_{н.Σi}}{P_{н.i.max}},$$

$$n_{p.e} = \frac{2 \cdot 38,44}{3} = 25,63 \text{ шт.}$$

Оскільки $n_{p.e} < n$, то за ефективне число електроприймачів приймаємо $n_{ef.} = 26$ шт..

Визначаємо значення коефіцієнту розрахункового навантаження в залежності від ефективного числа електроприймачів та значення коефіцієнту використання встановленої потужності:

$$K_p = 1.$$

Знайдемо розрахункове активне навантаження, кВт, за формулою:

$$P_{p.} = P_{np.} \cdot K_p,$$

$$P_{p.} = 35,24 \cdot 1 = 35,24 \text{ кВт.}$$

Так як ефективне число споживачів більше десяти, то розрахункове реактивне навантаження за формулою:

$$Q_{p.} = Q_{np.},$$

$$Q_{p.} = 11,08 \text{ квар.}$$

Визначимо повне навантаження для даної групи електроприймачів за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.9)$$

$$S_p = \sqrt{35,24^2 + 11,08^2} = 36,95 \text{ кВА.}$$

Аналогічний розрахунок проводиться для всіх груп споживачів та зведено в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Розрахунок навантаження споживачів

| Найменування ЕП | Кількість ЕП n , од | Номінальна (встановлена) потужність, кВт | | | | $m = \frac{P_{н.маx}}{P_{н.min}}$ | K_B | $\cos\varphi$ | $\operatorname{tg}\varphi$ | $(P_{п}) = k_B P_{н\sum}$, кВт | $(Q_{п}) = k_B P_{н\sum} \operatorname{tg}\varphi$, квар | $n_{p.e}$, од | n_e , од | K_p | P_p , кВт | Q_p , квар | S_p , кВт·А |
|---------------------|-----------------------|---|----------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-------|---------------|----------------------------|---------------------------------|---|----------------|------------|-------|-------------|--------------|---------------|
| | | одного ЕП $P_{н}$ | групова $P_{н\sum} = n P_{н}$ | $P_{н.max}$ | $P_{н.min}$ | | | | | | | | | | | | |
| Лампи розжарювання | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Тип1 – 100 Вт | 11 | 0,1 | 1,1 | | | | 1 | 1 | 0 | 1,1 | 0 | | | | | | |
| Тип2 –70 Вт | 8 | 0,07 | 0,56 | | | | 1 | 1 | 0 | 0,56 | 0 | | | | | | |
| Тип3 – 60Вт | 9 | 0,06 | 0,54 | | | | 1 | 1 | 0 | 0,54 | 0 | | | | | | |
| Тип4 – 40 Вт | 6 | 0,04 | 0,24 | | | | 1 | 1 | 0 | 0,24 | 0 | | | | | | |
| Люмінесцентні лампи | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Тип1 – 20 Вт | 998 | 0,02 | 19,96 | | | | 1 | 0,92 | 0,426 | 19,96 | 8,503 | | | | | | |
| Тип2 – 40Вт | 1265 | 0,04 | 50,6 | | | | 1 | 0,92 | 0,426 | 50,6 | 21,56 | | | | | | |
| Тип3 – 80 Вт | 18 | 0,08 | 1,44 | | | | 1 | 0,92 | 0,426 | 1,44 | 0,613 | | | | | | |
| Тип4 – 36 Вт | 60 | 0,036 | 2,16 | | | | 1 | 0,92 | 0,426 | 2,16 | 0,92 | | | | | | |
| Освітлення | 2375 | 0,446 | 76,6 | 0,1 | 0,036 | 2,778 | 1 | | | 76,6 | 31,59 | 2369 | 2369 | 1 | 76,6 | 31,59 | 82,86 |
| Монітори (тип1) | 69 | 0,06 | 4,14 | | | | 0,8 | 0,65 | 1,168 | 3,312 | 3,868 | | | | | | |
| Монітори (тип2) | 130 | 0,03 | 3,9 | | | | 0,8 | 0,65 | 1,168 | 3,12 | 3,644 | | | | | | |
| Сист. блок | 196 | 0,1 | 19,6 | | | | 0,75 | 0,65 | 1,168 | 14,7 | 17,17 | | | | | | |
| Принтер (тип1) | 26 | 0,4 | 10,4 | | | | 0,6 | 0,65 | 1,168 | 6,24 | 7,288 | | | | | | |
| Принтер (тип2) | 2 | 0,25 | 0,5 | | | | 0,6 | 0,65 | 1,168 | 0,3 | 0,35 | | | | | | |

Продовження таблиці 2.17

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|----------------------------|-----|-------|-------|-----|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----|----|-------|-------|-------|
| Коп. рилади(тип1) | 1 | 0,125 | 0,125 | | | | 0,6 | 0,65 | 1,168 | 0,075 | 0,088 | | | | | | |
| Коп. прилади(тип2) | 1 | 0,04 | 0,04 | | | | 0,8 | 0,65 | 1,168 | 0,032 | 0,037 | | | | | | |
| Коп. прилади(тип3) | 1 | 0,6 | 0,6 | | | | 0,8 | 0,65 | 1,168 | 0,48 | 0,561 | | | | | | |
| Інше | 1 | 0,24 | 0,24 | | | | 0,8 | 0,65 | 1,168 | 0,192 | 0,224 | | | | | | |
| Комп'ютерна техніка | 427 | 1,845 | 39,55 | 0,6 | 0,03 | 20 | 0,719 | | | 28,45 | 33,23 | 131,8 | 132 | 1 | 28,45 | 33,23 | 43,75 |
| Чайник(тип1) | 6 | 2,2 | 13,2 | | | | 1 | 0,99 | 0,14 | 13,2 | 1,848 | | | | | | |
| Чайник(тип1) | 8 | 1 | 8 | | | | 1 | 0,99 | 0,14 | 8 | 1,12 | | | | | | |
| Чайник(тип1) | 2 | 0,06 | 0,12 | | | | 1 | 0,99 | 0,14 | 0,12 | 0,017 | | | | | | |
| Холодильник(тип1) | 2 | 0,3 | 0,6 | | | | 0,8 | 0,65 | 1,168 | 0,48 | 0,561 | | | | | | |
| Холодильник(тип2) | 7 | 0,1 | 0,7 | | | | 0,8 | 0,65 | 1,168 | 0,56 | 0,654 | | | | | | |
| Cooler води | 1 | 0,02 | 0,02 | | | | 0,65 | 1 | 0 | 0,013 | 0 | | | | | | |
| ВНЧ піч(тип1) | 2 | 2 | 4 | | | | 0,9 | 1 | 0 | 3,6 | 0 | | | | | | |
| ВНЧ(тип2) | 4 | 0,7 | 2,8 | | | | 0,9 | 1 | 0 | 2,52 | 0 | | | | | | |
| Інше | 3 | 3 | 9 | | | | 0,75 | 0,7 | 1,02 | 6,75 | 6,885 | | | | | | |
| Побутове обладнання | 35 | 9,38 | 38,44 | 3 | 0,02 | 150 | 0,917 | | | 35,24 | 11,08 | 25,63 | 27 | 1 | 35,24 | 11,08 | 36,95 |
| Нагрівач повітря (тип1) | 4 | 1,5 | 6 | | | | 0,9 | 0,75 | 0,882 | 5,4 | 4,763 | | | | | | |
| Нагрівач повітря (тип2) | 16 | 1 | 16 | | | | 0,9 | 0,75 | 0,882 | 14,4 | 12,7 | | | | | | |
| Вентилятор | 7 | 0,04 | 0,28 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 0,224 | 0,198 | | | | | | |
| Кондиціонер | 2 | 0,75 | 1,5 | | | | 0,75 | 0,75 | 0,882 | 1,125 | 0,992 | | | | | | |
| Інше | 1 | 0,8 | 0,8 | | | | 0,85 | 0,75 | 0,882 | 0,68 | 0,6 | | | | | | |
| Кімнатне обладнання | 29 | 3,29 | 23,78 | 1,5 | 0,4 | 37,5 | 0,889 | | | 21,15 | 18,65 | 31,71 | 32 | 1 | 21,15 | 18,65 | 28,2 |

Продовження таблиці 2.17

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---------------------|----|------|------|---|---|---|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|
| Лаб. стенд (тип 1) | 2 | 10 | 20 | | | | 0,8 | 0,85 | 0,62 | 16 | 9,92 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 2) | 6 | 1,2 | 7,2 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 5,76 | 5,08 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 3) | 14 | 0,01 | 0,14 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 0,112 | 0,099 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 4) | 2 | 2,2 | 4,4 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 3,52 | 3,105 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 5) | 6 | 1 | 6 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 4,8 | 4,234 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 6) | 3 | 0,1 | 0,3 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 0,24 | 0,212 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 7) | 10 | 0,2 | 2 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 1,6 | 1,411 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 8) | 2 | 0,6 | 1,2 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 0,96 | 0,847 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 9) | 4 | 0,08 | 0,32 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 0,256 | 0,226 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 10) | 6 | 6 | 36 | | | | 0,8 | 0,85 | 0,62 | 28,8 | 17,86 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 11) | 13 | 0,5 | 6,5 | | | | 0,8 | 0,75 | 0,882 | 5,2 | 4,586 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 12) | 8 | 3 | 24 | | | | 0,6 | 0,75 | 0,882 | 14,4 | 12,7 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 13) | 7 | 0,7 | 4,9 | | | | 0,6 | 0,75 | 0,882 | 2,94 | 2,593 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 14) | 2 | 2,3 | 4,6 | | | | 0,6 | 0,75 | 0,882 | 2,76 | 2,434 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 15) | 2 | 1,8 | 3,6 | | | | 0,6 | 0,75 | 0,882 | 2,16 | 1,905 | | | | | | |
| Лаб.стенд (тип 16) | 5 | 1,6 | 8 | | | | 0,6 | 0,75 | 0,882 | 4,8 | 4,234 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 17) | 2 | 2,5 | 5 | | | | 0,75 | 0,75 | 0,882 | 3,75 | 3,308 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 18) | 2 | 3,9 | 7,8 | | | | 0,75 | 0,75 | 0,882 | 5,85 | 5,16 | | | | | | |
| Лаб.стенд (тип 19) | 2 | 4,2 | 8,4 | | | | 0,75 | 0,85 | 0,62 | 6,3 | 3,906 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 20) | 1 | 0,8 | 0,8 | | | | 0,75 | 0,75 | 0,882 | 0,6 | 0,529 | | | | | | |
| Лаб.стенд (тип 21) | 10 | 0,02 | 0,2 | | | | 0,75 | 0,75 | 0,882 | 0,15 | 0,132 | | | | | | |
| Лаб.стенд (тип 22) | 3 | 0,75 | 2,25 | | | | 0,75 | 0,75 | 0,882 | 1,688 | 1,488 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 23) | 1 | 2 | 2 | | | | 0,75 | 0,75 | 0,882 | 1,5 | 1,323 | | | | | | |
| Лаб. стенд (тип 24) | 1 | 14 | 14 | | | | 0,75 | 0,85 | 0,62 | 10,5 | 6,51 | | | | | | |

Продовження таблиці 2.17

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---------------------------|------|-------|-------|----|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|----|-----|-------|-------|-------|
| Лаб. стенд (тип 25) | 20 | 0,05 | 1 | | | | 0,75 | 0,75 | 0,882 | 0,75 | 0,662 | | | | | | |
| Лабораторні стенди | 134 | 59,51 | 170,6 | 14 | 0,01 | 1400 | 0,735 | | | 125,4 | 94,46 | 24,37 | 25 | 1 | 125,4 | 94,46 | 157 |
| Шини НН | 3000 | | 349 | 14 | 0,01 | 1400 | 0,822 | | | 286,8 | 189 | 49,85 | 51 | 0,8 | 229,5 | 207,9 | 309,7 |

Зробимо перевірку кабелю марки АВВГ 3х185+1х50 від ТП №3643 до корпусу №22 КПП ім. Ігоря Сікорського. Допустимий струм кабелю $I_{\text{доп.}} = 308 \text{ А}$, активний опір жил кабелю $r_0 = 0,32 \text{ Ом/км}$ відповідно до [21]. Так як початковий корпус №22 живиться від двох трансформаторів, повне навантаження на трансформатор буде в два рази менше, ніж розрахункове значення S_p .

Розрахунковий струм у кабельній лінії визначається за формулою, А:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \dots \dots \dots (2.10)$$

$$I_p = \frac{309,7 / 2}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 235,2 \text{ А}.$$

Перевіримо за умовою:

$$I_{\text{розр.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 < I_{\text{доп.}}, \quad (2.11)$$

де K_1 – коефіцієнти, що враховують умови прокладання, $K_1 = 1,03$,

K_2 – коефіцієнти, що враховують умови відстань між кабелями, приймаємо, $K_2 = 0,9$,

K_3 – коефіцієнти, що враховують умови тривалість перевантаження у післяаварійному режимі, $K_3 = 1,5$.

$$235,2 \cdot 1,03 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 327,1 < I_{\text{доп.}} = 308 \text{ А}.$$

Умова не виконується. Потрібно вибрати кабель з більшим перерізом.

Обираємо кабель АВВГ 3х240+1х120 з наступними характеристиками:

Допустимий струм кабелю $I_{\text{доп.}} = 471 \text{ А}$, активний опір жил кабелю $r_0 = 0,132 \text{ Ом/км}$.

Зробимо повторну перевірку. Згідно, (2.8):

$$235,2 \cdot 1,03 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 327,1 < I_{\text{доп.}} = 471 \text{ А}.$$

Умова виконується, отже кабельна лінія розрахована вибраний вірно.

Визначимо допустимі втрати напруги в лінії, при умові, що $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп.}} = 10\%$, за формулою:

$$\Delta U = \frac{10^5 \cdot r_0 \cdot P_p \cdot l}{U_n^2}, \quad (2.12)$$

де l – довжина кабелю, $l = 15$ м.

Підставивши у формулу (2.12) відповідні значення, отримаємо:

$$\Delta U = \frac{10^5 \cdot 0,132 \cdot 229,50 \cdot 0,015}{380^2} = 0,314 < 10\%.$$

Умова виконується.

В корпусі №22 КПІ ім. Ігоря Сікорського навчається 2254 студента, питоме навантаження відповідно до [22]. на одного студента навчального закладу 0,48 кВт.

Розрахуємо питоме електричне навантаження навчального корпусу №22 КПІ ім. Ігоря Сікорського та проведемо перевірку кабелю марки АВВГ 3х185+1х50 від ТП 3643 до розподільного щита за формулою:

$$P_{шк} = n_{уч} \cdot P_{пит},$$

де $n_{уч}$ – кількість студентів;

$P_{пит}$ – питоме навантаження на одного студента, кВт.

$$P_{шк} = 2254 \cdot 0,05 = 112,7 \text{ кВт}.$$

За формулою (2.6) визначимо реактивне навантаження навчального корпусу:

$$Q_{шк} = 112,7 \cdot 0,20 = 22,54 \text{ квар.}$$

Повне навантаження навчального корпусу визначимо за формулою (2.7):

$$S_p = \sqrt{112,7^2 + 22,54^2} = 128,98 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм у кабельній лінії визначається за формулою (2.10):

$$I_p = \frac{128,98}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 195,97 \text{ А.}$$

Перевіримо за умовою (2.11):

$$195,97 \cdot 1,03 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 272,49 < I_{дон.} = 471 \text{ А.}$$

Умова виконується.

Визначимо допустимі втрати напруги в лінії за формулою (2.12):

$$\Delta U = \frac{10^5 \cdot 0,641 \cdot 112,7 \cdot 0,015}{380^2} = 0,75 < 10\%.$$

Умова виконується.

2.11.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією

Проаналізувавши баланс споживання електричної енергії, можна зробити висновок, що найбільша доля споживання припадає на освітлення та лабораторні стенди. Тому для підвищення ефективності використання електричної енергії, будуть розглядатися заходи з енергозбереження для найбільших споживачів електричної енергії.

Один із найпростіших заходів для підвищення ефективності використання енергії є модернізація системи освітлення. Пропонується замінити в корпусі №22 всі люмінесцентні лампи потужністю 20 Вт (998 шт.), 40 Вт (1265 шт.) з типом цоколя G13 на світлодіодні « Maxus T8 8W 6500K 220V G13 » потужністю 8 Вт.

Річна економія від впровадження даного заходу визначається за формулою:

$$\Delta W = W_1 - W_2, \quad (2.14)$$

де W_1 – загальне енергопоживання старого обладнання;

W_2 – загальне енергопоживання нового обладнання.

Отже, згідно (2.14):

$$\Delta W = 107279,4 - 27373,248 = 79906,15 \text{ кВт} / \text{рік}$$

За рік з урахуванням ціни на електричну енергію економію грошей визначається за формулою:

$$E_{\text{грн}} = \Delta W \cdot b, \quad (2.15)$$

де b – тарифна ставка, приймаємо 2,13 грн/місяць[19].

Підставивши у формулу (2.15) відповідні значення, отримаємо:

$$E_{\text{грн}} = 79906,15 \cdot 2,13 = 170200 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Вартість однієї лампи Maxus T8 8W 6500K 220V G13 становить 125 грн. Лампи встановлює електрик, тому додаткових затрат на монтаж не буде.

$$B = 2263 \cdot 125 = 282875 \text{ грн}$$

Оцінка простої окупності заходу. Простий термін окупності визначається за формулою (2.5):

$$T_{\text{пр}} = \frac{282875}{170200} = 1,67 \text{ роки.}$$

Також, одним із заходів є доцільним встановлення датчиків з руху, в коридорах та на сходових клітинах. Цей захід дещо скоротить електроспоживання освітлення, найбільша ефективність якого буде помітна у зимню пору року.

Ще одним варіантом, пропонується захід – встановлення сонячних панелей на даху корпусу №22 КПП ім. Ігоря Сікорського, за рахунок яких стане можливим часткове покриття електричної енергії, що споживається корпусом.

Було обрано сонячні панелі Sharp ND-RG250, виходячи з технічних характеристик панелі, максимальне можливе кількість встановлення на даху є 120 панелей, які орієнтовано на південь під кутом 30 градусів, потужність такої системи буде складати 30 кВт. На рисунку 2.12 зображено результати розрахунку цієї системи.

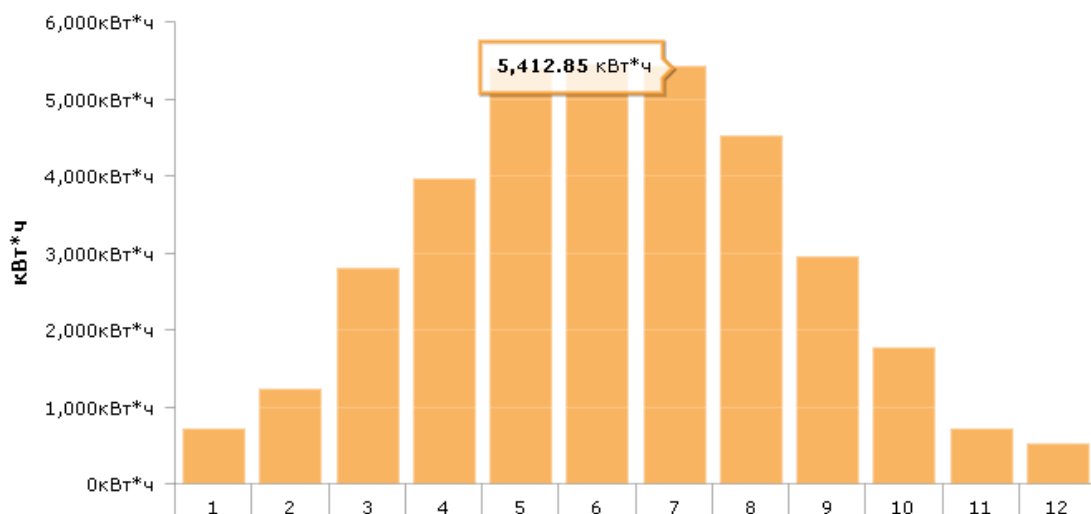


Рисунок 2.12 – Місячна генерація системи сонячних елементів

2.11.4 Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації завдань магістерської дисертації

В одному із завдань магістерської дисертації запропоновано модернізація та повна реконструкція системи вентиляції, концептуальне рішення по модернізації системи вентиляції передбачає використання припливно-витяжних установок з рекуперацією тепла:

Розрахуємо навантаження припливно витяжних установок, що пропонуються, і зведемо до Таблиці 2.18:

Таблиця 2.18 – Розрахункове навантаження припливно-витяжних установки

| Найменування | n, шт. | P _{нi} , кВт | P _{н.Σ} , кВт | K _в | cosφ | tgφ | P _л , кВт | Q _л , квар | п _{еф} , шт. | K _р | P _р , кВт | Q _р , квар | S _р , кВА |
|-------------------------|--------|-----------------------|------------------------|----------------|------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| AERO-START-300-E-0-V(G) | 9 | 0,08 | 0,74 | 1 | 0,75 | 0,88 | 0,74 | 0,65 | | | | | |
| AEROSTART-600-E-0-V(G) | 56 | 0,11 | 6,33 | 1 | 0,75 | 0,88 | 6,33 | 5,57 | | | | | |
| AEROSTART-800-E-0-V(G) | 14 | 0,36 | 4,97 | 1 | 0,75 | 0,88 | 4,97 | 4,37 | | | | | |
| AEROSTART-2000-E-0-V(G) | 6 | 0,45 | 2,69 | 1 | 0,75 | 0,88 | 2,69 | 2,37 | | | | | |
| AEROSTART-3000-E-0-V(G) | 3 | 1,60 | 4,8 | 1 | 0,75 | 0,88 | 4,8 | 4,22 | | | | | |
| Загалом | 88 | 2,60 | 19,52 | 1 | m= | 19,51 | 19,52 | 17,18 | 25 | 1 | 19,52 | 18,9 | 27,17 |

Знайдемо струм для кабельної лінії установки за формулою (2.13):

$$I_{p.} = \frac{27,17}{\sqrt{3} \cdot 0,22} = 71,3 \text{ А.}$$

За розрахованим струмом обираємо кабель ВВГ 3х25, з наступними характеристиками: допустимий струм кабелю $I_{\text{доп}} = 115 \text{ А}$, активний опір жил кабелю $r_0 = 0,727 \text{ Ом/км}$. Перевіримо за умовою за формулою (2.14):

$$71,3 \cdot 1,07 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 102,99 < I_{\text{доп.}} = 115 \text{ А.}$$

Умова виконується. Кабель лінія, що буде прокладена від головного розподільчого щитка до щитат автоматичного управління вибрана правильно.

Для підключення витяжно-припливних установок с головного розподільчого щитка, на кожний поверх, буде проведено кабельна лінія ВВГ 3х25 до кожного з трьох щитів автоматичного управління, на кожному поверсі, кожен з яких встановлюється біля існуючого щита управління. В щиті автоматичного управління знаходиться N захисних автоматів на 10 А типу С (N-кількість вентиляційних установок на відповідному поверсі). Ціна такого щита автоматичного управління 5600грн та 500 грн за підключення. Від щита управління до електричного споживача буде прокладено кабель ВВГ 3х10, ціна якого складатиме 23234 грн.

Вентиляційні установки з рекуперацією повітря AEROSTART встановлюються за підвісною стелею з можливістю обслуговування знизу та кріпленням до панелі перекриття на віброізоляторах. В установках AEROSTART-2000-E-0-V(G) і AEROSTART-3000-E-0-V(G), віброізолятори та вентилятори видалення повітря, які встановлені в окремих венткамерах на горищі будинку, будуть забезпечувати нормований рівень шуму в приміщеннях.

Вентиляційні установки комплектуються пультами керування, які встановлюються біля входних дверей приміщення, яке обслуговує кожна припливна установка. Це дає можливість, за необхідністю, припинити роботу тих установок, які обслуговують конкретне приміщення, яке в даний час не експлуатується.

За формулою (2.14) розрахуємо витрати на підключення вентиляційної системи до електропостачання:

$$K = 23234 + 5600 \cdot 7 + 500 \cdot 7 = 65934 \text{ грн.}$$

Отже, для підключення вентиляційної системи до електропостачання потрібно 65934 грн .

2.12 Дослідження систем водопостачання та водовідведення

Водопостачання здійснюється централізовано від міської мережі. Вода використовується на побутові потреби й відводиться в каналізацію. Гарячого водопостачання немає. Для технічних потреб використовується вода з системи опалення, яка підігрівається за рахунок теплообмінника.

Точки збору води (крани, унітази) переважно знаходяться в справному робочому стані, в деяких місцях є протікання.

Для обліку водопостачання встановлений лічильник, за показаннями якого налічується плата за водопостачання.

На рисунку 2.14 наведено динаміку зміни тарифу на водопостачання та водовідведення за 2016-2018р.р.



Рисунок 2.14 – Динаміку зміни тарифу за 2016-2018р.р.

Для зменшення витоків води у неробочі години пропонується встановлення електромагнітних клапанів на введенні водопроводу. Це й захід дасть можливість регулювання витрати та тиску, за рахунок зміни витрати середовища через прохідний перетин електромагнітного клапану.

Висновки до розділу

В цьому розділі було проведено обстеження енергетичних систем навчального корпусу №22 КПІ ім. І. Сікорського. Обстеження огорожувальних конструкцій встановило що найбільші тепловтрати відбуваються через інфільтрацію, стіни та вікна. Були запропоновані наступні заходи енергозбереження в системі теплопостачання: утеплення стін, заміна вікон, утеплення горища, модернізація системи опалення та системи вентиляції, модернізація ІТП.

При дослідження системи електропостачання було виявлено найбільші споживачі електричної енергії та запропоновані наступні заходи з енергозбереження: модернізація системи освітлення, встановлення датчиків руху встановлення сонячних панелі, також було розраховано навантаження об'єкта. Для впровадження заходу по модернізації системи вентиляції, яку було розраховано у відповідному розділі, щоб провести підключення припливно-витяжних установок потрібно с головного розподільчого щитка, на кожний поверх провести кабельну лінію ВВГ 3х25 до кожного з трьох щитів автоматичного управління, на кожному поверсі, кожний з яких, встановлюється біля уснуючого щита управління. Ціна такого підключення становить 5146,96 грн, всі грошові витра були враховані при розрахунку економічних показників системи вентиляції.

3 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ДОЦІЛЬНОГО РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ

За методикою [23] проведемо розрахунок енергопотреби навчального корпусу №22 КПІ ім. І. Сікорського для опалення та охолодження приміщень.

Знайдемо значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr,adj}$, Вт/К, що повинно бути розраховане за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A. \quad (3.1)$$

де H_D – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_g – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

В загальному випадку H_x , що відображає H_D , H_g , H_U або H_A , складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \left[\sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k l_k \cdot \psi_k + \sum_j \chi_j \right],$$

де A_i – площа i -го елемента оболонки будівлі, м²;

U_i – коефіцієнт теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, Вт/(м²·К), що становить $U_i = 1/R_{\Sigma i}$;

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, м²·К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з [25];

ψ_k – лінійний коефіцієнт теплопередачі k -го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К);

l_k – довжина k -го лінійного теплопровідного включення, м; χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j -го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

$b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт, що становить.

Визначимо загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією H_D , розрахунки зведемо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією

| Огороджувальні конструкції | Площа | Приведений опір теплопередачі | U-фактор, W/(m ² ·K) | Коефіцієнти | | Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією |
|----------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------|----------|---|
| | Ai, m ² | R, m ² ·K/W | | btr,x, H | btr,x, C | HD, W/K |
| Зовн стТИП1 | 779,00 | 1,27 | 0,79 | 1,00 | 1,00 | 613,27 |
| Зовн стТИП2 | 5736,00 | 0,84 | 1,19 | 1,00 | 1,00 | 6835,09 |
| Вікна | 4796,40 | 0,30 | 3,33 | 1,00 | 1,00 | 15988,00 |
| Покриття | 2163,70 | 4,01 | 0,25 | 0,70 | 0,00 | 377,32 |
| Зовн дв | 23,85 | 0,60 | 1,67 | 1,00 | 1,00 | 39,75 |

Розрахуймо теплопередачі трансмісійні підлоги на ґрунті за формулою:

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{3,14 \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{3,14 \cdot B'}{d_t} + 1 \right), \quad (3.2)$$

де B' – характерний розмір підлоги,

d_t – еквівалента товщина підлоги,

λ – теплопровідність ґрунту, Вт/м·К, $\lambda=2$ Вт/(м·К) ;

Розраховується характерний розмір підлоги згідно з формулою:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}, \quad (3.3)$$

$$B' = \frac{2163,7}{0,5 \cdot 338} = 12,8 \text{ м.}$$

Визначимо еквівалентну товщину підлоги згідно з формулою:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_{se} + R_t), \quad (3.4)$$

де, теплопровідність ґрунту приймається $\lambda = 2,0 \text{ Вт/(м·К)}$;

внутрішній поверхневий опір – $R_{si} = 0,17 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$;

зовнішній поверхневий опір $R_{se} = 0,043 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$;

товщина стінки - $w = 0,566 \text{ м}$;

R_t —термічний опір підлоги включаючи всі шари, $R_t = 0,39 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

$$d_t = 0,566 + 2 \cdot (0,17 + 0,043 + 0,39) = 1,77 \text{ м.}$$

Підставимо відповідні значення до формули (3.2):

$$U_{bf} = \frac{2 \cdot 2}{3,14 \cdot 12,80 + 1,77} \ln \left(\frac{3,14 \cdot 12,80}{1,77} + 1 \right) = 0,31 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту розраховують за формулою:

$$H_g = A \cdot U_{bf} + P \cdot \Psi_g,$$

$$H_g = 2163,7 \cdot 0,31 + 338 \cdot 0,08 = 683,98 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}.$$

Підставивши отримані значення у формулу (3.1):

$$H_{tr,adj} = 613,27 + 6835,09 + 7994,00 + 1000,37 + 683,98 + 39,75 = 16482,47 \text{ Вт/К}.$$

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr} , Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулами:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t,$$

де $\theta_{int,set,H}$ — задана температура зони будівлі для опалення, $\theta_{int,set,H} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

$\theta_{int,set,C}$ — задана температура зони будівлі для охолодження, $\theta_{int,set,H} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e — середньомісячна температура зовнішнього середовища, $^\circ\text{C}$;

t — тривалість місяцю для якого проводяться розрахунки, год.

На прикладі представимо розрахунки для опалення січень місяця для охолодження за червень . Всі інші місяці рахуємо аналогічно. Результати зведемо до таблиці 3.2.

$$Q_{tr} = 16482,47 \cdot (20 - (-4,7)) \cdot 744 = 302895,13 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

$$Q_{tr} = 16482,47 \cdot (26 - (-4,7)) \cdot 744 = 392107,89 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок трансмісійних тепловтрат

| Місяць | θe, °C | t, дні | θint, set, | θint, set,C | Htr,adj, Вт/К | Qtr.h, кВт·год | Qtr.c, кВт·год |
|--------|--------|--------|---------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | -4,7 | 744 | 20 | 26 | 16482,42 | 302895,13 | 392107,89 |
| 2 | -3,6 | 672 | 20 | 26 | | 261398,85 | 341472,12 |
| 3 | 1 | 744 | 20 | 26 | | 232996,26 | 319306,10 |
| 4 | 9 | 720 | 20 | 26 | | 130541,20 | 210124,01 |
| 5 | 15,2 | 744 | 20 | 26 | | 58862,21 | 137940,23 |
| 6 | 18,3 | 720 | 20 | 26 | | 20174,55 | 95173,82 |
| 7 | 19,8 | 744 | 20 | 26 | | 2452,59 | 79187,91 |
| 8 | 19 | 744 | 20 | 26 | | 12262,96 | 89405,71 |
| 9 | 13,9 | 720 | 20 | 26 | | 72391,03 | 149558,86 |
| 10 | 8,1 | 744 | 20 | 26 | | 145929,23 | 228623,16 |
| 11 | 1,9 | 720 | 20 | 26 | | 214799,60 | 297881,69 |
| 12 | -2,5 | 744 | 20 | 26 | | 275916,62 | 364008,95 |
| ΣQ | | | | | | 1730620,23 | 2704790,44 |

Теплопередача вентиляцією

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією $H_{\text{ve, adj}}$, Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{\text{ve, adj}} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left(\sum_k b_{\text{ve, k}} \cdot q_{\text{ve, k, mn}} \right). \quad (3.5)$$

де $\rho_a \cdot c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м³·К);

$q_{\text{ve, k, mn}}$ – усереднена за часом витрата повітря від k -го елемента, м³/год, визначають згідно з [26];

$b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k -го елемента повітряного потоку, зі значенням $b_{ve,k} \neq 1$, якщо температура припливного повітря $\theta_{sup,k}$ не дорівнює температурі зовнішнього середовища, як у випадку попереднього нагріву, попереднього охолодження чи утилізації теплоти;

k – представляє кожен із відповідних елементів повітряного потоку, таких як інфільтрація, природна вентиляція, механічна вентиляція тощо.

Усереднену за часом витрату повітря k -го елемента повітряного потоку $q_{ve,k,mn}$, м³/год, розраховують за формулою:

$$q_{ve,inf,mn} = n_{inf,mn} \cdot V$$

де $n_{inf,mn}$ – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, враховуючи вплив механічної вентиляції, год⁻¹;

V – кондиціонований об'єм зони/будівлі, м³;

Отже, згідно (3.6):

$$H_{ve,adj} = 0,33 \cdot 0,6 \cdot 743000 \cdot 1 = 14771,4 \text{ Вт} ,$$

Сумарну теплопередача вентиляцією Q_{ve} , Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної z -ої зони за формулами:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) \cdot t.$$

Результати зведемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Теплопередача природною вентиляцією

| Місяць | θ_e , °C | t, дні | $\theta_{int, set,H}$ | $\theta_{int, set,C}$ | $H_{ve,adj}$, Вт/К | $Q_{ve,h,kBtгод}$ | $Q_{ve,c,kBtгод}$ |
|--------|--------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | -4,7 | 744 | 20 | 26 | 14771,4 | 270348,46 | 336020,15 |
| 2 | -3,6 | 672 | 20 | 26 | | 233311,03 | 292627,40 |
| 3 | 1 | 744 | 20 | 26 | | 207960,35 | 273632,04 |
| 4 | 9 | 720 | 20 | 26 | | 116514,29 | 180067,54 |
| 5 | 15,2 | 744 | 20 | 26 | | 52537,35 | 118209,04 |
| 6 | 18,3 | 720 | 20 | 26 | | 18006,75 | 81560,00 |

Продовження таблиці 3.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------|------|-----|----|----|---|------------|------------|
| 7 | 19,8 | 744 | 20 | 26 | | 2189,06 | 67860,75 |
| 8 | 19 | 744 | 20 | 26 | | 10945,28 | 76616,97 |
| 9 | 13,9 | 720 | 20 | 26 | | 64612,47 | 128165,72 |
| 10 | 8,1 | 744 | 20 | 26 | | 130248,85 | 195920,54 |
| 11 | 1,9 | 720 | 20 | 26 | | 191718,96 | 255272,21 |
| 12 | -2,5 | 744 | 20 | 26 | | 246268,84 | 311940,53 |
| ΣQve= | | | | | | 1544661,69 | 2317892,88 |

Загальні тепловтрати.

Загальні тепловтрати складаються з суми трансмісійних на вентиляційних витрат, та розраховуються за формулою:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}.$$

Розрахунок наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Загальні тепловтрати

| Місяць | $Q_{ht,h}$, кВт·год | $Q_{ve,h}$, кВт·год | $Q_{h,h}$, кВт·год | $Q_{ht,c}$, кВт·год | $Q_{ve,c}$, кВт·год | $Q_{h,c}$, кВт·год |
|--------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | 302895,13 | 270348,46 | 573243,59 | 392107,89 | 336020,15 | 728128,04 |
| 2 | 261398,85 | 233311,03 | 494709,88 | 341472,12 | 292627,40 | 634099,52 |
| 3 | 232996,26 | 207960,35 | 440956,61 | 319306,10 | 273632,04 | 592938,14 |
| 4 | 130541,20 | 116514,29 | 247055,49 | 210124,01 | 180067,54 | 390191,55 |
| 5 | 58862,21 | 52537,35 | 111399,56 | 137940,23 | 118209,04 | 256149,27 |
| 6 | 20174,55 | 18006,75 | 38181,3 | 95173,82 | 81560,00 | 176733,82 |
| 7 | 2452,59 | 2189,06 | 4641,65 | 79187,91 | 67860,75 | 147048,66 |
| 8 | 12262,96 | 10945,28 | 23208,24 | 89405,71 | 76616,97 | 166022,68 |

Продовження таблиці 3.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 9 | 72391,03 | 64612,47 | 137003,5 | 149558,86 | 128165,72 | 277724,58 |
| 10 | 145929,23 | 130248,85 | 276178,08 | 228623,16 | 195920,54 | 424543,7 |
| 11 | 214799,60 | 191718,96 | 406518,56 | 297881,69 | 255272,21 | 553153,9 |
| 12 | 275916,62 | 246268,84 | 522185,46 | 364008,95 | 311940,53 | 675949,48 |
| Σ | 1730620,2 | 1544661,6 | 3275281,8 | 2704790,4 | 2317892,8 | 5022683,2 |

Розрахунок внутрішніх теплонадходжень.

Внутрішні теплонадходження, теплонадходження від внутрішніх теплових джерел, включаючи від'ємні теплонадходження (розсіяна теплота від внутрішнього середовища до холодних джерел або «стоки»), складаються з будь-якої теплоти, що створюється в кондиціонованому об'ємі внутрішніми джерелами, крім тої, що навмисно використовується для опалення, охолодження або ГВП.

Внутрішні теплонадходження включають:

- метаболічну теплоту від людей та розсіяну теплоту від обладнання;
- теплоту, розсіяну від освітлювальних приладів;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами гарячої і водопровідної води та каналізації;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами опалення, охолодження та вентиляції;
- теплоту від або до процесів та продукції.

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається, Q_{int} , Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{\text{int}} = \left(\sum_k \Phi_{\text{int,mn},k} \cdot A_f \right) \cdot t, \quad (3.7)$$

де $\Phi_{\text{int,mn},k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела, що визначається в залежності від типу об'єкта, Вт/м²;

A_f – кондиціонована площа зони будівлі, м²;

t – тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

Підставимо відповідні данні для січня в формулу (3.7):

$$Q_{\text{int}} = (20 \cdot 16632) \cdot 221 = 73656 \text{ кВт} \cdot \text{год.} .$$

Для інших місяців проведемо аналогічний розрахунок та результати занесемо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Внутрішні теплонадходження

| Місяць | Qe | t | Φint | Qint, кВт·год |
|--------|------|-----|------|---------------|
| 1 | -4,7 | 221 | 20 | 73656 |
| 2 | -3,6 | 200 | | 66528 |
| 3 | 1 | 221 | | 73656 |
| 4 | 9 | 214 | | 71280 |
| 5 | 15,2 | 221 | | 73656 |
| 6 | 18,3 | 214 | | 71280 |
| 7 | 19,8 | 221 | | 73656 |
| 8 | 19 | 221 | | 73656 |
| 9 | 13,9 | 214 | | 71280 |
| 10 | 8,1 | 221 | | 73656 |
| 11 | 1,9 | 214 | | 71280 |
| 12 | -2,5 | 221 | | 73656 |
| ΣQint | | | | 867240 |

Загальні сонячні теплонадходження.

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця Q_{sol} , Вт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{\text{sol}} = \left(\sum_k \Phi_{\text{sol,mn},k} \right) \cdot t,$$

де $\Phi_{\text{sol,mn},k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го джерела сонячного випромінювання, Вт; t – тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах.

Сонячні теплонадходження через елементи будівлі.

Сонячні теплонадходження через k -ий елемент будівлі $\Phi_{\text{sol},k}$, Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} \cdot A_{\text{sol},k} \cdot I_{\text{sol},k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k},$$

де $F_{\text{sh,ob},k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k -ої поверхні;

$A_{\text{sol},k}$ – еквівалентна площа інсоляції k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м²;

$I_{\text{sol},k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м²;

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: $F_r = 1$ – для незатіненого горизонтального даху, $F_r = 0,5$ – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k -го елемента будівлі.

Еквівалентна площа інсоляції засклених елементів.

Еквівалентну площу інсоляції заскленого елемента оболонки (наприклад, вікна) A_{sol} , м², розраховують за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (3.8)$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, у нашому випадку відсутності засобів рухомого затінення $F_{sh,gl} = 1$;

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента, $g_{gl} = 0,67$ (значення для вікон із подвійним склінням та селективним низько-емісійним покриттям);

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції заскленого елемента;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції заскленого елемента (наприклад, площа вікна), м².

Обчислимо параметр g_n формулою:

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n,$$

де F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, приймають $F_w = 0,90$.

Розрахуємо еквівалентну площу інсоляції для південно-західної сторони за формулою(3.8), для інших сторін розрахунки зведемо до таблиці 3.6.

$$A_{sol}^{ПнСх} = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,67 \cdot (1 - 0,3) \cdot 2365 = 998 \text{ м}^2;$$

$$A_{sol}^{ПдСх} = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,67 \cdot (1 - 0,3) \cdot 46 = 19,4 \text{ м}^2.$$

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі.

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol} , m^2 , розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c,$$

де $\alpha_{s,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, за табличними даними $\alpha_{s,c} = 0,7$;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $m^2 \cdot K / W$, приймають $0,043 m^2 \cdot K / W$;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $W / (m^2 \cdot K)$;

A_c – площа проекції непрозорої частини, m^2 .

Розрахунок еквівалентної площі інсоляції непрозорих елементів будівлі зведемо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Еквівалентна площа інсоляції елементів огорожувальних конструкцій

| Стіни, m^2 | | | |
|--------------|-------|-------|-------|
| Пн | Пд | Зх | Сх |
| 84,63 | 84,63 | 11,51 | 11,51 |
| Вікна, m^2 | | | |
| Пн | Пд | Зх | Сх |
| 998 | 987 | 19,4 | 19,4 |

Теплове випромінювання в атмосферу.

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі Φ_r , W , визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er},$$

де R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, приймають $0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$; A_c – площа проекції елемента, м^2 ;

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, $^{\circ}\text{C}$, для помірних широт приймають $\Delta\theta_{er} = 11 \text{ К}$.

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні h_r , $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, може бути наближено розрахований за формулою:

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3,$$

де ε – коефіцієнт поглинання теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження, приймають за довідковими даними залежно від її типу.

Значення коефіцієнта випромінювання для теплового випромінювання зовнішньої поверхні:

σ – стала Стефана-Больцмана: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$;

θ_{ss} – середньоарифметичне значення поверхневої температури та температури атмосфери, $^{\circ}\text{C}$.

При першому наближенні, h_r приймають рівним $5\varepsilon \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що відповідає середній температурі 10°C .

Розрахункові дані для міста Києва наведено в таблиці 3.7 та результати теплового випромінювання в таблиці 3.8.

Таблиця 3.7 Сонячна інсоляція для Київської області

| Місяць | t | Isol, Вт/м ² | | | |
|--------|-----|-------------------------|------|------|------|
| | | ПнСх | ПдСх | ПнЗх | ПдСх |
| 1 | 744 | 14 | 38 | 40 | 14 |
| 2 | 672 | 25 | 57 | 60 | 25 |
| 3 | 744 | 41 | 78 | 81 | 41 |
| 4 | 720 | 53 | 92 | 88 | 52 |
| 5 | 744 | 79 | 110 | 107 | 77 |
| 6 | 720 | 88 | 110 | 106 | 86 |
| 7 | 744 | 83 | 109 | 106 | 81 |
| 8 | 744 | 65 | 107 | 106 | 63 |
| 9 | 720 | 41 | 91 | 91 | 41 |
| 10 | 744 | 22 | 62 | 61 | 21 |
| 11 | 720 | 12 | 30 | 32 | 12 |
| 12 | 744 | 9 | 27 | 28 | 9 |

Таблиця 3.8 – Теплове випромінювання

| Місяць | t, год | Φ_{solvik} | Φ_{solst} | Q _{int} , кВт·год | Q _{sol} , кВт·год | Q Σ , кВт·год |
|--------|--------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | 744 | 54479 | -1857 | 73656 | 52622 | 126278 |
| 2 | 672 | 85791 | 1112,3 | 66528 | 86903,3 | 153431,3 |
| 3 | 744 | 123217 | 4669,6 | 73656 | 127886,6 | 201542,6 |
| 4 | 720 | 142595 | 6565,4 | 71280 | 149160,4 | 220440,4 |
| 5 | 744 | 188148 | 10869 | 73656 | 199017 | 272673 |
| 6 | 720 | 196321 | 11649 | 71280 | 207970 | 279250 |
| 7 | 744 | 191212 | 11157 | 73656 | 202369 | 276025 |
| 8 | 744 | 172852 | 9403,6 | 73656 | 182255,6 | 255911,6 |
| 9 | 720 | 133342 | 5665,6 | 71280 | 139007,6 | 210287,6 |

Продовження таблиці 3.8

| | | | | | | |
|----|-----|-------|--------|-------|----------|----------|
| 10 | 744 | 83802 | 954,56 | 73656 | 84756,56 | 158412,6 |
| 11 | 720 | 44390 | -2818 | 71280 | 41572 | 112852 |
| 12 | 744 | 37329 | -3480 | 73656 | 33849 | 107505 |

Визначення динамічних параметрів

За допомогою динамічного методу промодельємо теплові опори, теплоємності, теплонадходження від сонця та внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі.

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ – це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти, γ_H , та числового параметра a_H , який залежить від інерції будівлі, як наведено у формулах :

$$\text{якщо } \gamma_H > 0 \text{ та } \gamma_H \neq 1 : \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}},$$

$$\text{якщо } \gamma_H = 1 : \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1},$$

$$\text{якщо } : \gamma_H < 0 \text{ та } Q_{H,gn} > 0 \quad \eta_{H,gn} = 1 / \gamma_H,$$

$$\text{якщо } : \gamma_H \leq 0 \text{ та } Q_{H,gn} \leq 0 \quad \eta_{H,gn} = 1$$

$$\text{при:} \quad \gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}},$$

де (для кожного місяця та для кожної зони будівлі):

γ_H – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт·год;

a_H – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі, τ_H , визначений за формулою:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}},$$

де $a_{H,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр, що приймають рівним 1,0;

τ – часова константа зони будівлі, год;

$\tau_{H,0}$ – довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год.

Тепер розрахуємо коефіцієнт використання втрат для охолодження.

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{C,ls}$ – це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти, γ_C , та числового параметра a_C , який залежить від інерції будівлі, як наведено у формулах :

$$\text{якщо } \gamma_C > 0, \gamma_C \neq 1 \text{ та } Q_{C,ht} > 0 : \quad \eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}},$$

$$\text{якщо } \gamma_C > 0, \gamma_C \neq 1 \text{ та } Q_{C,ht} \leq 0 : \quad \eta_{C,ls} = 1,$$

$$\text{якщо } : \gamma_C = 1 \quad \eta_{C,ls} = \frac{a_C}{a_C + 1},$$

$$\text{якщо } : \gamma_C < 0 \quad \eta_{C,ls} = 1$$

$$\text{при:} \quad \gamma_H = \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}},$$

де (для кожного місяця та для кожної зони будівлі):

γ_C – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення;

$Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт·год;

$Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт·год;

a_C – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі, τ_C , визначений за формулою:

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}}, \quad (3.9)$$

де $a_{C,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр, що приймають рівним 1,0;

τ – часова константа зони будівлі, год;

$\tau_{C,0}$ – довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год.

Для визначення α_n розрахуємо часову константу будівлі за формулою

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}, \quad (3.10)$$

де C_m – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт·год /К;

$H_{tr,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К;

$H_{ve,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К.

Внутрішню теплоємність будівлі або зони будівлі, C_m , Вт·год/К, розраховуються за формулою:

$$C_m = C \cdot A_f,$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К);

A_f – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м².

Отже, підставимо значення в формулу:

$$C_m = 80 \cdot 16632,3 = 1330584 \text{ Вт·год/К.}$$

Розрахуємо часову константу будівлі за формулою (3.6):

$$\tau = \frac{1330584}{16482,42 + 14771,4} = 42,57$$

Підставляємо отримане значення у формулу (3.5):

$$\alpha_n = 1 + \frac{42,57}{15} = 3,84.$$

За отриманими даними розрахуємо коефіцієнт втрат для опалення та охолодження, результати зведемо до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Коефіцієнти використання надходжень

| місяць | γ_H | γ_c | η_H | η_c |
|--------|------------|------------|-------------|-----------|
| 1 | 0,220287 | 0,173428 | 0,997659559 | 0,1732566 |
| 2 | 0,310144 | 0,241967 | 0,992275553 | 0,2411774 |
| 3 | 0,457058 | 0,339905 | 0,972522735 | 0,3363262 |
| 4 | 0,892271 | 0,564954 | 0,835997814 | 0,5356746 |
| 5 | 2,447703 | 1,064508 | 0,400674614 | 0,8174239 |
| 6 | 7,31379 | 1,58006 | 0,136671303 | 0,9288562 |
| 7 | 59,467 | 1,8771 | 0,016816047 | 0,9562995 |
| 8 | 11,02676 | 1,541426 | 0,090680314 | 0,9239549 |
| 9 | 1,534907 | 0,75718 | 0,601397868 | 0,671772 |
| 10 | 0,573588 | 0,373136 | 0,945877949 | 0,3677817 |
| 11 | 0,277606 | 0,204016 | 0,994722589 | 0,2036526 |
| 12 | 0,205875 | 0,159043 | 0,998162046 | 0,1589281 |

Розрахунок енергопотерби для опалення проведемо за формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nt} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}.$$

Розрахунок енергопотерби для охолодження проведемо за формулою:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,пт} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht}.$$

Результати розрахунку зведемо до таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 Енергопотреба на опалення та охолодження

| місяць | $Q_{H,nd}, \text{кВт} \cdot \text{год}$ | $Q_{C,nd}, \text{кВт} \cdot \text{год}$ |
|--------|---|---|
| 1 | 447261,1 | 0 |
| 2 | 342463,8 | 0 |
| 3 | 244951,8 | 0 |
| 4 | 62767,8 | 0 |
| 5 | 0 | 0 |

Продовження таблиці 3.10

| 1 | 2 | 3 |
|----------|----------|----------|
| 6 | 0 | 115089,7 |
| 7 | 0 | 135402,4 |
| 8 | 0 | 102514,1 |
| 9 | 0 | 0 |
| 10 | 126339,1 | 0 |
| 11 | 294262,1 | 0 |
| 12 | 414878 | 0 |
| Σ | 1932924 | 353006,3 |

Метою дослідження розділу «Спецпитання» є знаходження оптимального варіанту підвищення енергоефективності використовуючи наступні заходи.

Результати розрахунків наведені нижче, та представлені у таблиці 3.11.

Нижче наведені результати розрахунку при впровадженні всіх трьох (заміна вікон, утеплення стін та перекриття) заходів одночасно, які зведені у таблицю 3.11 :

Таблиця 3.11 – Розрахунок заходів та підбір оптимального варіанту

| № з/п | Найменування заходу | Варіант 1 - базовий | Варіант 2 | Варіант 3 | Варіант 4 |
|-------|--|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1,1 | опір теплопередачі стіни, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ | 3,45 | 4,74 | 6,02 | 7,30 |
| 1,2 | опір теплопередачі перекриття, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ | 4,95 | 5,97 | 6,72 | 7,97 |
| 1,3 | товщина утеплювача, см | 10 | 15 | 20 | 25 |

Продовження таблиці 3.11

| | | | | | |
|-----|---|---------|---------|---------|---------|
| 1,4 | опір теплопередачі вікон, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ | 0,75 | 0,93 | 1,14 | 1,28 |
| 1,5 | Енергопотреба на опалення, $\text{МВт}\cdot\text{год}$ | 1676,39 | 1565,61 | 1483,70 | 1442,33 |
| 1,6 | Енергопотреба на опалення, Гкал | 1441,69 | 1346,43 | 1275,98 | 1240,41 |
| 1,7 | Загальна ціна, $\text{грн}/\text{м}^2$ | 1052,06 | 1274,17 | 1493,08 | 1821,43 |

Визначимо оптимальний варіант утеплення стіни, враховуючи опір теплопередачі та економічну складову, варіант 3 – є найбільш ефективним.

Для наглядності, результати відображені на графіку Рисунок 3.1:

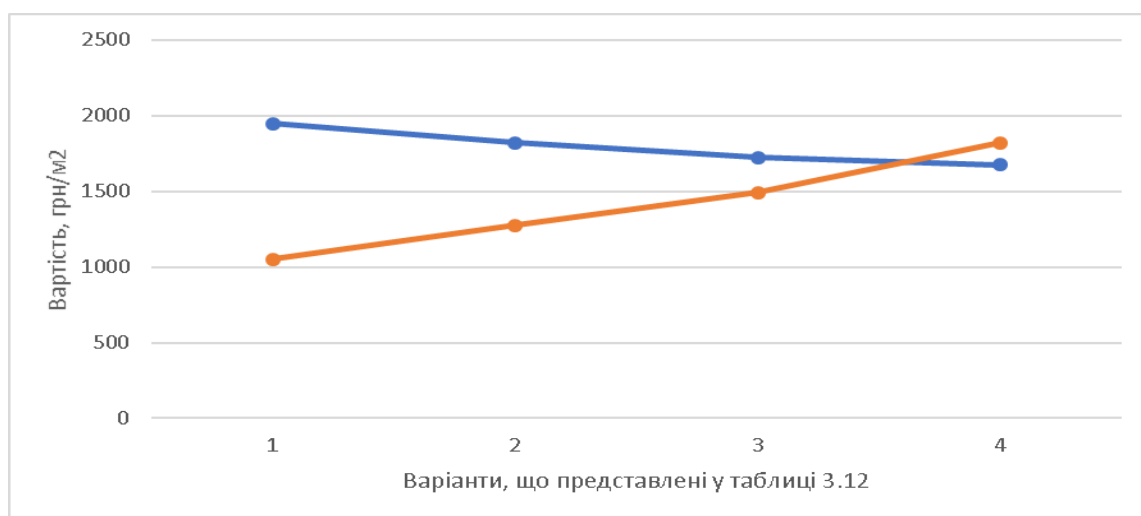


Рисунок 3.1 – Залежність енергопотребы від вартості заходу

Висновки до розділу

Провівши розрахунки відповідно до вимог[27], було проведено дослідження по підборі оптимального набору заходів, для підвищення енергоефективності. Наведені відповідні таблиці з результатами розрахунків.

Проаналізувавши результати, визначив що варіант 3 є найбільш оптимальним з розглянутих варіантів, то цей набір заходів є рекомендованим для впровадження з економічної та енергетчної точок зору.

Підвищення теплозахисних властивостей огорожень , при даному рівні тарифів на енергоносії є недоцільним.

4. ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

В розділі «Енергоменеджмент та моніторинг» пропонується створення системи енергомоніторингу з дистанційним зніманням даних з приладів обліку тепла та води.

Знімання даних буде виконуватись шляхом передачі даних через систему стільникового зв'язку, або GPRS.

Тобто, вузол обліку з дистанційною передачею даних, окрім витратомірних ділянок, обчислювального блоку, датчиків температури, тощо, облаштований GPRS-модемом, який забезпечений в свою чергу SIM-картою національного оператора мобільного зв'язку.

Далі за допомогою GPRS-зв'язку з комп'ютера, на якому встановлено спеціальне програмне забезпечення (в залежності від виробника комерційного вузла обліку теплової енергії) проводиться дистанційне зняття показників з обчислювача теплової енергії, який входить в склад вузла обліку, встановленого в підвальному приміщенні будинку.

За допомогою такої передачі даних постачальник теплової енергії бачить параметри (кількість та якість) теплової енергії, може зчитувати архівні дані, тобто всі дані, які знаходяться у внутрішній пам'яті обчислювача.

Фактично, дані, які містяться в обчислювачі можна бачити як безпосередньо з самого обчислювача, так ті ж самі дані можна бачити на екрані монітора персонального комп'ютера, розташованого в будь-якому місці, де є GPRS-зв'язок (мобільний).

Для впровадження цієї системи обліку, прилади обліку води і тепла потрібно замінити і дообладнати необхідними пристроями для дистанційного знімання даних.

Висновки до розділу

Запропонована система обліку значно спростить, знімання значень теплоспоживання та водоспоживання. За допомогою цієї системи виключається можливість помилки із-за людського фактору.

Виникає систематизована база даних споживання, що є зручнішою та більш надійною для користувача.

Зручне та миттєве отримання інформації, щодо спожитої енергії споживачем за поточний місяць.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ СИСТЕМИ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Стартап – це новітній проект, який розвивається в умовах невизначеності, пошуку оптимальних бізнес ідей та їх фінансування та спрямований на розроблення інноваційних товарів або послуг, а також технологій їх виробництва[28].

Ідея стартапу полягає у проведенню розрахунків та встановленню системи припливно-витяжної вентиляції. Стартап-проект орієнтовано на використання у навчальних закладах різних типів акредитації в якості інструменту для підвищення енергозбереження.

Завдання розділу полягає у визначенні перспективності запропонованих у цій роботі науково-технічних рішень і пропозицій за допомогою маркетингового аналізу та оцінці можливостей їх ринкового впровадження[29] .

5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту

На початок розроблення стартап-проекту доцільно обґрунтувати цілі етапів його реалізації, які наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Цілі основних етапів реалізації стартап-проекту

| Етапи реалізації стартап-проекту | Цілі етапів реалізації стартап-проекту |
|--|--|
| Початковий етап стартап-проекту | Дослідження потреб та запитів споживачів, суперечностей та технологічних недосконалостей діючих продуктів-аналогів конкурентного середовища |
| Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї | Задоволення нових потреб споживачів, подолання певних суперечностей поточних технологічних процесів, вдосконалення діючих технологій та устаткування тощо |
| Етап аналізу конкурентного середовища | Виявлення можливих конкурентів-виробників, які виготовляють схоже обладнання або пропонують схожі технології та здійснення порівняльного аналізу техніко-економічних переваг та недоліків реалізації запропонованої ідеї |

Продовження таблиці 5.1

| 1 | 2 |
|--|---|
| Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проекту | Визначення необхідних матеріальних, трудових, капітальних ресурсів, ключових процесів, технології, обладнання та реалізації проекту в часі і просторі |
| Етап фінансового забезпечення реалізації проекту | Обґрунтування собівартості та ціни реалізації інноваційної ідеї |
| Інвестиційний етап реалізації стартап-проекту | Пошук потенційних інвесторів фінансування стартап-проекту |
| Маркетинговий етап реалізації проекту | Обґрунтування каналів збуту продукту стартап-проекту, залучення потенційних споживачів, формування необхідних сегментів ринку |

5.2 Опис ідеї проекту

У таблиці 5.2 надається опис ідеї проекту, розкривається його зміст, та вигоди для користувача

Таблиця 5.2 – Опис ідеї стартап-проекту

| Зміст ідеї | Напрямки застосування | Переваги та вигоди для користувача |
|--|-----------------------------|---|
| Встановлення системи припливно-витяжної вентиляції | Будівлі навчальних закладів | <ul style="list-style-type: none"> - ефективний повітрообмін - підтримування кліматичних умов, що задовільняють норми - зменшення витрат на енергоносії за рахунок рекуперації тепла - зменшення рівня CO₂ |

Відповідно до таблиці, можемо зробити висновок, що напрям застосування це будівлі навчальних закладів, тому що в будь-якому закладі повинна бути наявна система вентиляції.

5.3 Аналіз конкурентного середовища

В таблиці 5.3 наведено техніко-економічні переваги над конкурентами, які надають аналогічні послуги. Перелік сильних та слабких сторін такого проекту наведений в таблиці 5.4.

Таблиця 5.3 – Переваги ідеї проекту

| Техніко-економічні характеристики ідеї | Стартап проект | Конкурент1 | Конкурент2 |
|--|----------------|---------------|---------------|
| Модель та найменування фірми | Systemair TA | Dospel Era-to | Dospel Deimos |
| Складність впровадження запропонованої системи | Середня | Висока | Надвисока |
| Тривалість виконання установочних робіт, днів | 60-70 | 80-90 | 80-90 |
| Проведення сервісного обслуговування | Так | Ні | Ні |
| Вартість, Тис грн. | 600 | 700 | 750 |

Таблиця 5.4 – Аналіз сильних та слабких сторін проекту

| Сильні сторони | Слабкі сторони |
|---|--|
| 1. Інвестиційна привабливість 2. Підтримання нормативних (комфортних) умов мікроклімату будівлі 3. Вирішення проблеми недогріву у приміщеннях за рахунок рекуперації тепла 4. Невеликий термін окупності проекту | 1. Складності з отриманням грошей з боку держави 2. Дороговартісний монтаж установки 3. Складності в організації проекту із-за його масштабності |

Продовження таблиці 5.4

| 1 | 2 |
|---|---|
| Можливості | Загрози |
| 1.Можливість використання сучасних технологій 2.Можливість зменшення грошових витрат 3.Можливість переходу до автоматизованого керування системою | 1.Затягнення процесу впровадження системи із-за складності з технічної точки зору 2.Можлива потреба у внутрішньому та зовнішньому ремонті будівлі при процесі впровадження системи 3. Можлива потреба в обслуговуванні обладнання |

5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Обґрунтуємо та узагальнимо в таблиці 5.5 величину необхідних капіталовкладень на реалізацію стартап-проекту.

Таблиця 5.5 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

| Статті капіталовкладень | Величина, тис. грн. |
|--|---------------------|
| Прямі матеріальні затрати: | |
| – витрати на установку Systemair TA | 600 |
| – витрати купівельних напівфабрикатів та комплектуючих виробів | 100 |
| – витрати на допоміжне обладнання | 100 |
| Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників | |
| – заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників | 585 |
| – витрати на проектувальні цілі, з урахуванням найму відповідних сторонніх підприємств для проведення проектувальних робіт | 1098 |
| Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників | 105 |
| Прямі витрати на капітальний ремонт приміщень будівлі | 600 |
| – витрати на зовнішній ремонт будівлі | 200 |
| Загальновиробничі витрати | |
| – підбір обладнання, послуги сторонніх організацій | 120 |
| – розробка капітального плану та організації проекту | 96 |
| – рекламна складова проекту | 120 |
| Всього капіталовкладень на реалізацію проекту | 3724 |

5.5 Ключові види діяльності

В таблиці 5.6 наведено ключові види діяльності які будуть надаватися таким проектом.

Таблиця 5.6 – Ключові види діяльності

| Назва діяльності | Опис діяльності | Результат діяльності |
|--|--|---|
| Розрахунок оптимальної системи | Розрахунок кількості припливно-витяжних установок та необхідного для них допоміжного обладнання | Готовий проект з планом впровадження системи вентиляції та поточних робіт |
| Процес закупівлі обладнання та організація технічних робіт | 1. Підряд організації для проектувальних робіт 2. Найм робітників 3. Підряд організації по підбору необхідного обладнання | 1. Відповідно обране обладнання 2. Бригада робітників, що буде безпосередньо проводити технічні роботи 3. Готова проектні рішення, за якими проводитиметься реконструкція |
| Встановлення системи вентиляції | 1. Монтування припливно-витяжних установок 2. Підведення кабелів до щитової 3. Ремонтні роботи 4. Встановлення автоматизованої системи керування 5. Проведення налагоджувальних і пускових робіт | Готова система для експлуатації |
| Проведення навчання | Проведення навчання персоналу і подальша консультація | персонал якій вмiє управляти системою |
| Проведення сервісного гарантійного обслуговування | Усунення поломки в процесі експлуатації | Робоча система вентиляції |

Також проектом передбачено залучення партнерів, інформація про ключових партнерів та їх завдання наведено в таблиці 5.7

Таблиця 5.7 – Інформація про партнерські організації

| Інформація | Партнер 1 |
|---|---|
| Повна офіційна назва організації-партнера | Systemair AB |
| Місце розташування | 03115, Україна, г. Київ, бульвар Вернадского 5/19, оф. 18. |
| Телефон | +380 44 3639841 |
| Адреса електронної пошти | sales@systemair-ukraine.com |
| 1 | 2 |
| Роль та залученість до підготовки цього проекту | Постачання обладнання |
| Завдання, які покладаються на організацію партнера в реалізації проекту | Виготовлення та постачання припливно-витяжних установок та додаткового обладнання |

5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

Означений етап реалізації стартап-проекту передбачає обґрунтування необхідних витрат, формування на їх основі собівартості реалізації бізнес-ідеї стартап-проекту та формування її ціни.

Прямі матеріальні витрати.

В таблиці 5.8 наведено прямі матеріальні витрати проекту.

Таблиця 5.8 – Прямі матеріальні витрати

| № п/п | Назва ресурсу | Одиниця вимір. | Ціна | Кількість ресурсу | Потреба на місяць | Потреба на рік |
|---------|----------------------------------|----------------|-------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1 | Витрати на комплектуючих виробів | грн. | 85000 | 7 | 600000 | 7200000 |
| 2 | Витрати на матеріали | грн. | 10000 | 10 | 100000 | 1200000 |
| Всього: | | | | | 700000 | 8400000 |

Витрати на оплату праці.

В таблиці 5.9 наведено аналіз структури персоналу та ФОП.

Таблиця 5.9 – Структура персоналу та ФОП

| № П/П | Посада | Форма оплати | Кількість працівників | Заробітна плата (грн.) | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------------------|------------------------|-----------------|---------|
| | | | | за місяць | за квар- тал | за рік |
| Адміністративно-технічний персонал | | | | | | |
| 1 | Менеджер з продажу | ставка | 2 | 30000 | 90000 | 360000 |
| 2 | Інженер | ставка | 3 | 36000 | 108000 | 432000 |
| 3 | Консультант | ставка | 2 | 20000 | 60000 | 240000 |
| Всього | | | | 86000 | 258000 | 1032000 |
| Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %) | | | | 18920 | 56760 | 227040 |
| ФОП | | | | 91500 | 274500 | 1098000 |
| Виробничий персонал | | | | | | |
| 1 | Монтажник | ставка | 4 | 40000 | 120000 | 480000 |
| Всього | | | | 40000 | 120000 | 480000 |
| Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %) | | | | 8800 | 26400 | 105600 |
| ФОП | | | | 48800 | 146400 | 585600 |

Інші прямі витрати.

До прямих інших прямих витрат належать витрати на дослідження та розробку, послуги сторонніх організацій, комунальні послуги та оренду, кредити та їх обслуговування, втрати від браку з технологічних причин, безнадійної дебіторської заборгованості, операційної курсової різниці, витрати штрафів, пені, неустойок, утримання об'єктів соціально-культурного призначення тощо. Узагальнено інші прямі витрати в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування прямих інших витрат

| Види послуг | Джерело даних | Вартість послуг, грн. | |
|--|---------------|-----------------------|--------|
| | | на місяць | на рік |
| 1.Розробка капітального плану та організації проекту | Угода | 10000 | 120000 |
| 2.Рекламна складова проекту | Угода | 8000 | 96000 |
| 3.Оренда | Угода | 10000 | 120000 |
| всього: | | 28000 | 336000 |

Загальні виробничі послуги та вартість таких послуг наведено в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Загальновиробничі витрати

| Види послуг | Джерело даних | Вартість послуг, грн. | |
|---------------------|---------------|-----------------------|--------|
| | | на місяць | на рік |
| 1. Соціальні заходи | Розрахунки | 3000 | 36000 |
| всього: | | 3000 | 36000 |

5.7 Умовно-змінні витрати

До умовно-змінних витрат відносять витрати на виробництво певного виду продукції. Величина їх змінюється залежно від потреби при технічних роботах. Умовно-змінні витрати узагальнимо в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Умовно-змінні витрати підприємства

| Статті витрат | Джерела даних | Витрати (грн.) | | | |
|------------------------------|---------------|----------------|-----------|------------|---------|
| | | на 1 од. | на місяць | на квартал | на рік |
| 1. Прямі матеріальні витрати | табл.5.8 | 85000 | 600000 | 1800000 | 720000 |
| 2. ФОП виробничого персоналу | табл. 5.9 | 4880 | 48800 | 146400 | 585600 |
| всього: | | 89880 | 648800 | 1946400 | 7785600 |

Умовно-постійні витрати.

До умовно-постійних виробничих витрат відносять витрати на обслуговування і управління виробництва, які залишаються незмінними або майже незмін-

ними при зміні обсягів діяльності. До них відносять: амортизаційні відрахування, Фонд оплати праці адміністративно-технічного персоналу з нарахуваннями, оренду плату підприємства, комунальний податок, збір за забруднення навколишнього природного середовища, витрати на пожежну сигналізацію, тощо. Розрахунок умовно-постійних витрат підприємства записують у таблицю 5.13.

Таблиця 5.13 – Умовно-постійні витрати підприємства

| Статті витрат | Джерела даних | Витрати, тис.грн | | | |
|--|---------------|------------------|-----------|------------|---------|
| | | на 1 од. | на місяць | на квартал | на рік |
| 1. ФОП адміністративно-технічного персоналу | табл.5.9 | 9150 | 91500 | 274500 | 1098000 |
| 2.Розробка капітального плану та організації проекту | табл. 5.10 | 1000 | 10000 | 30000 | 120000 |
| 3.Рекламна складова проекту | табл. 5.10 | 800 | 8000 | 24000 | 96000 |
| 4.Оренда | табл. 5.10 | 1000 | 10000 | 30000 | 120000 |
| всього: | | 11950 | 119500 | 358500 | 1434000 |

5.8 Собівартість ідеї стартап-проекту

Собівартість інноваційної ідеї складається з умовно-змінних та умовно-постійних витрат. Розрахунок собівартості узагальнимо в таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Обґрунтування собівартості товару (послуги)

| Статті витрат | Джерела даних | Витрати, тис.грн | | | |
|---------------|---------------|------------------|-----------|------------|--------|
| | | на одиницю | на місяць | на квартал | на рік |

| | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|--------|--------|---------|---------|
| 1. Умовно-змінні витрати | табл. 5.12 | 89880 | 648800 | 1946400 | 7785600 |
| 2. Умовно-постійні (накладні) витрати | табл. 5.13 | 11950 | 119500 | 358500 | 1434000 |
| 3. Собівартість | стр.1+стр.2 | 101830 | 768300 | 2304900 | 9219600 |

5.9 Рівень рентабельності ідеї

Дані обґрунтування необхідного рівня прибутку інноваційної ідеї, для якої розраховується ціна узагальнюємо в таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Обґрунтування рівня рентабельності товару (послуги)

| Статті витрат | Джерело даних | Од. вимір. | Значення показників. |
|--|---|------------|----------------------|
| 1. Собівартість одиниці продукції | табл. 5.14 | грн. | 101830 |
| Обсяг виробництва в рік | Прогноз | | 130 |
| 2. Необхідний прибуток | пп.2,1+2,2+2,3+2,4+2,5+ 2,6+2,7 | грн. | 163006370 |
| 2.1. Кредитні засоби та їх обслуговування | Кредитна угода | грн. | 13237900 |
| 2.2. Засоби ФРВ | Колективна угода | грн. | 52951600 |
| 2.3. Засоби ФСР | Колективна угода | грн. | 33094750 |
| 2.4. Засоби ПФ | Колективна угода | грн. | 13237900 |
| 2.5. Грошові виплати власникам підприємства | Колективна угода | грн. | 19856850 |
| 2.6. Фінансовий резерв | $(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5) \cdot 0.05/0.95$ | грн. | 6967310 |
| 2.7. Податок на прибуток | $(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5) \cdot 0.18$ | грн. | 23860060 |
| 3. Необхідний рівень рентабельності продукції | п.2 / п.1·100% | % | 16,01 |

5.10 Вартість виробництва інноваційної технології

Визначимо величину ПДВ та ціни техніки (технології). Узагальнимо результати обґрунтування в таблиці 5.16.

Таблиця 5.16 – Обґрунтування вартості та ціни

| Статті витрат | Джерело даних | Одиниці вимірювання | Значення показників |
|---|------------------|---------------------|---------------------|
| 1. Собівартість одиниці товару (послуги) | табл. 5.14 | грн. | 101830 |
| 2. Норма рентабельності | табл. 5.15 | % | 16,01 |
| 3. «Нормальний» питомий прибуток | п.1 · п.2 / 100% | грн. | 16302,9 |
| 4. Вартість виробництва одиниці продукції | п.1 + п.3 | грн. | 118132,9 |
| 5. ПДВ | п.4·0,2 | грн. | 23626,58 |
| 6. Відпускна ціна товару (послуги) | п.4+п.5 | грн. | 141759,48 |

Для аналізу границь змін відпускної ціни в умовах вільного ринку необхідне проведення маркетингового дослідження на продукти-аналоги. Результати досліджень записуються в таблицю 5.17.

Таблиця 5.17 – Порівняльний аналіз сформованої ціни з цінами конкурентних товарів-аналогів

| Види ціни | Джерело даних | Одиниці вимірювання | Показники |
|--|--------------------------------|---------------------|-----------|
| 1. Розрахункова ціна виробництва одиниці продукції з ПДВ | Табл. 5.16 | грн. | 92604,54 |
| 2. Ринкові ціни товарів-аналогів на ринку | Маркетингове дослідження ринку | грн. | |
| Мінімальна | | грн. | 54000 |
| максимальна | | грн. | 85500 |
| середня | | грн. | 117000 |
| 3. Скоригована ціна реалізації | | | 95000 |

5.11 Цільова група потенційних споживачів

В таблиці 5.18 наведено потенційних споживачів.

Таблиця 5.18 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

| № п/п | Опис цільової групи потенційних клієнтів | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|-------|--|---|--|---|
| 1 | Будівлі навчальних закладів | В більшості будівель відсутня (чи перебуває в поганому стані) система вентиляція, ця система є необхідною. Тому встановлення цієї системи є актуальним питанням | Небагато навчальних закладів готові до проведення такого масштабного проекту, тому конкуренція є досить невисокою. | Згідно того, що конкуренція серед навчального закладу не велика, увійти до даного сегменту є проблемою. |

5.12 Канал збуту

В таблиці 5.19 наведено формування системи збуту.

Таблиця 5.19 – Формування системи збуту

| № п/п | Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару | Оптимальна система збуту |
|-------|---|---|--|
| 1 | Клієнт зацікавлений у якості товару, яка відповідає ціні. | Збір інформації, необхідної для здійснення успішної реалізації продукту, створення та поширення відомостей про товар. | 1. Пряма система збуду 2. Рекламна технологія |

5.13 Бізнес-модель проекту

Розробка стартап-проекту - це створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних розробок. Побудова конкурентної бізнес-моделі є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач і представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей і підходів, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів[30]. В таблиці 5.20 представляємо структуру бізнес-моделі інноваційного обладнання або технології.

Таблиця 5.20 – Структура бізнес моделі обладнання

| Ключові партнери: | Ключові види діяльності: | Цінність пропозиції: | Взаємовідносини з клієнтами: | Споживчі сегменти: |
|--|--|---|--|-----------------------------|
| 1.Systemair AB 2.Alter air 3. | 1. Розрахунок системи 2. Підряд сторонніх організацій для проектувальних робіт 3. Установка системи вентиляції 4. Проведення навчання 5. Сервісне обслуговування | Впровадження системи припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла для зменшення витрат на енергоносії та підтримання нормативних кліматичних умов в приміщеннях будівлі навчального закладу | Пряма взаємодія з клієнтами | Будівлі навчальних закладів |
| | Ключові ресурси: 1. Витрати на придбання обладнання 2. людські ресурси 3. фінансові ресурси (державні кошти та залучені інвестиції) | | Канали збуту: Прямий продаж Реклама технологій: он-лайн реклама, написання рекламних статей, телебачення | |
| Структура собівартості: 1.Витрати разові (капітальні): 3724000 2.Витрати постійні 11950 3.Витрати змінні: 89880 | | Потоки надходження доходу: Продаж та встановлення системи вентиляції | | |

Висновки до розділу

В цьому розділі було проведено аналіз розроблення стартап ідеї . У даного проекту є можливість комерціалізації, оскільки питання встановлення даної системи є досить актуальним .

Компанії, яка займатиметься розрахунком та встановленням системи припливно-витяжно вентиляції для будівель вищих навчальних закладів, на ринку є досить відомою та одною з передових у даній сфері .

На ринку існує монополістична конкуренція, є декілька фірм конкурентів, тому вихід на ринок передбачає деякі складнощі. Проте, проект має свої сильні сторони, зокрема однією із основних є те, що мало хто працює зі навчальними закладами.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація виконано на тему «Підвищення енергоефективності дошкільного навчального закладу зі забезпечення гарячого водопостачання тепловою енергією з альтернативного джерела енергії».

В першому розділі наведено загальну характеристику будівлі з архітектурно-будівельними даними, відомості про споживання енергетичних ресурсів.

У розділі «інжиніринг енергетичних систем» розроблено та обрйтовані заходи з термомодернізації будівлі з метою підвищення рівня її енергоефективності з розрахунком економічних показників. Загальна сума заощаджень теплової енергії складе 2337,78 Гкал.

При дослідження системи електропостачання було виявлено найбільші споживачі електричної енергії та запропоновані наступні заходи з енергозбереження: модернізація системи освітлення, встановлення датчиків руху та встановлення сонячних панелей.

В розділі «спецчастина» було проведено дослідження по підборі оптимального набору заходів, для підвищення енергоефективності. Наведені відповідні таблиці з результатами розрахунків.

Проаналізувавши результати, визначив що варіант 3 є найбільш оптимальним з розглянутих варіантів, то цей набір заходів є рекомендованим для впровадження з економічної та енергетчної точок зору.

Підвищення теплозахисних властивостей огорожень, при даному рівні тарифів на енергоносії є недоцільним.

В четвертому розділі «енергоменеджмент та моніторинг» запропонована система обліку, що значно спростить, знімання значень теплоспоживання та водоспоживання. За допомогою цієї системи виключається можливість помилки із-за людського фактору.

В п'ятому розділі було проведено аналіз розроблення стартап-проекту. В даного проекту є можливість комерціалізації проекту, оскільки наявний попит, динаміка ринку та рентабельність на ринку.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинні від 2011-11- 01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
2. Конструкції зовнішніх стін і споруд: ДСТУ Б В.2.6-34– [Чинні від 2008-09- 01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2008. – 80 с. – (Національний стандарт України).
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Єдина система конструкторської документації: ДСТУ 2.001 – [Чинні від 2006-07- 01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 70 с. – (Національний стандарт України).
5. Профілі полівінілохлоридні: ДСТУ Б В.2.7-130 – [Чинні від 2007-05- 01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2007. – 75 с. – (Національний стандарт України).
6. Профілі пресовані з алюмінієвих сплавів для огорожувальних будівельних конструкцій: ДСТУ Б В.2.6-3 – [Чинні від 1995-05- 01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 1995. – 65 с. – (Національний стандарт України).
7. Конструкції будинків і споруд: ДСТУ Б В.2.6-3 – [Чинні від 1993-05- 01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 1993. – 85 с. – (Національний стандарт України).
8. Громадські будинки та споруди: ДБН В.2.2-9 – [Чинні від 2018–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2018. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).

9. Планування і забудова територій: ДБН Б.2.2-12 – [Чинні від 2019–06–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2019. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).

10. Блоки віконні та дверні: ДСТУ Б В.2.6-23 – [Чинні від 2009-01- 01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2009. – 85 с. – (Національний стандарт України).

11. Будинки і споруди. Доступність будинків і споруд для маломобільних груп населення: ДБН В.2.2-17 – [Чинні від 2006–05–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2007. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).

12. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні: ДСТУ-Н Б А.2.2-XXX:201X [Проект, остаточна редакція] // Мінрегіон України. – К. ДСТУ EN 1434-6.

13. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 – [Чинні від 2016–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 85 с. – (Державні будівельні норми України).

14. 2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [Проект, остаточна редакція] // Мінрегіон України. – К. ДСТУ EN 1224-5.

15. Моделювання втрат теплоти через нетипові огорожувальні конструкції будівлі при їх термомодернізації. [Текст] / В. І. Дешко, Ю. В. Лохманець, О. М. Шевченко // Будівництво Укр : Науково-методичний журнал. - 2011/2. - **№ 5**. - С. 10-15. : табл. . - ISSN 0135-1699.

16. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р.

17. Розрахунок основних елементів системи сонячного гарячого водопостачання [Текст]: метод. рек. до викон. домашньої контрольної роботи для студ. напряму підготовки «Теплоенергетика» /Уклад: В.В.Дубровська, В.І Шкляр, Т.Н. Ковтанюк – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 28 с.

18. Dtek-kem [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dtek-kem.com.ua/ee-company/tarifi>
19. Расчет и проектирование систем электроснабжения: справочные материалы по электрооборудованию, А.В. Кабышев Томск 2005 год.
20. Prom.ua [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://energoprom.net.ua/ru/production/catalog/silovie/pvh/avvg/avvg_3x185_95/
21. Титко Р., Комініченко В. Відроджувальні джерела енергії – Варшава, видавництво DWG, 2010 – 533 с.
22. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT)./ ДСТУ ISO 50001:2014 [Чинні від 2015-01-01] // Мінекономрозвитку України. – К., 2014. – 23с. – (Національний стандарт України).
23. Опалення вентиляції та кондиціонування: ДБН В 2.5.-67:2013 – [Чинні від 2013-07-01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2013. – 85 с. – (Державні будівельні норми України).
24. Що таке стартап? 2017 [online] (останнє оновлення вересень 2017) Доступно: <https://biznesua.com.ua/shho-take-startap>.
25. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
26. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексу // Сучасні проблеми економіки і підприємництва [Текст]: Збірник наукових праць. – Вип. 21. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2018 С.94-101(Міжнародна індексація: Index Copernicus, Google Scholar, SIS).
27. Шевчук Н.А. Впровадження та реалізація стартапів в гірництві / Шевчук Н.А. / Міжнародна науково-технічна конференція, присвячена 120 – річчю КПІ «ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ», м. Київ, 17-18 травня 2018 р.– К.: НТУУ «КПІ», 2018. – С. 89-90.

28. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5–23:2010 – [Чинні від 2010–08–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2010. – 105 с. – (Державні будівельні норми України).

29. Енергетична ефективність будівель: ДСТУ Б. А.2.2- 2015 – [Чинний від 2016- 01-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2015. – 145 с. – (Національний стандарт України).